

الأصول العامة في

الجغرافية المناخية

الجزء الثاني

(المناخ التفصيلي والتطبيقي)

الأستاذ الدكتور

فهمي عبد العزيز البوراضي

أستاذ الجغرافية الطبيعية

عميد كلية الآداب - جامعة الإسكندرية (السابق)

دار المعرفة الجامعية

الأصول العامة
في
الجغرافية المناخية
الجزء الثاني
(المناخ التفصيلي والتطبيقي)

الأصول العامة

في

الجغرافية المناخية

الجزء الثاني

(المناخ التفصيلي والتطبيقي)

دكتور

فتحي عبد العزيز أراضي

أستاذ الجغرافيا الطبيعية

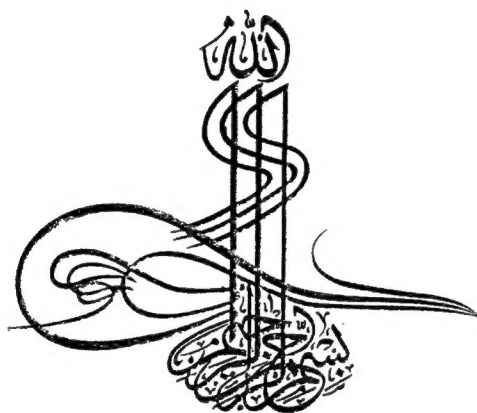
عميد كلية الآداب (السابق) جامعة الإسكندرية

٢٠١٠

دار المعرفة الجامعية

٤٠ ش سوتير - الأزاريطة ت ١٦٢ ٤٨٧٠١٦٢

٢٨٧ ش قنال السويس - الشاطبي ت ٤٤٦ ٥٩٧٢٤٤٦



إهداء

إلي تلاميذي... ولهم في نفسي معرفة الأبناء....

أهدي هذا الكتاب...

محتويات الكتاب

رقم الصفحة	العنوان
٧	- الإهداء
٩	- محتويات الكتاب
١٣	- مقدمة
٤٠ - ١٧	- الفصل الأول، أقاليم العالم المناخية
١٩	- مقدمة
١٩	- أقاليم العالم المناخية حسب تصنيف ثورنتويت
٢١	أولاً : تصنيف عام ١٩٣١
٢٧	ثانياً : تصنيف عام ١٩٤٨
٣٧	- أقاليم العالم المناخية
٥٣ - ٤١	- الفصل الثاني، :المناخ التفصيلي
٤٣	- مقدمة
٤٤	١ - الإشعاع، سطوع الشمس، والحرارة
٤٦	٢ - الرطوبة الجوية والتبخّر
٤٧	٣ - حركة الهواء والتساقط
٤٨	- التعديلات المناخية
٦٩ - ٥٥	- الفصل الثالث، الظواهر الجوية في وادي النيل وجنوب غرب آسيا وطرق توقعها
٥٧	- العوامل العامة المؤثرة في مناخ وادي وجنوب غرب آسيا
٥٨	- انخفاض الهلد الموسمي
٥٨	- انخفاض السودان الموسمي
٥٩	- عواصف الرعد في منطقة البحر الأحمر
٦٠	- انخفاضات قبرص الجوية
٦١	- رياح الخماسين
٦٣	- طرق التوقع (التنبؤ) الجوي

العنوان	رقم الصفحة
- الفصل الرابع : عناصر المناخ التطبيقي	٨٨ - ٧١
- مقدمة	٧٣
١ - الإشعاع	٧٣
٢ - سطوع الشمس وكمية الغيوم	٧٦
٣ - درجة الحرارة	٧٧
٤ - التساقط	٨١
٥ - الرطوبة الجوية	٨٥
٦ - حركة الهواء	٨٦
- الفصل الخامس : المناخ ومكونات الوسط البيئي الطبيعي	٨٩ - ١١٧
- مقدمة	٩١
- أولاً : المناخ والمياه	٩١
- ثانياً : المناخ والقرية	١٠٣
- ثالثاً : المناخ والنبات	١١٠
- الفصل السادس : المناخ وحياة الإنسان	١١٩ - ١٤٩
- مقدمة	١٢١
- أولاً : المناخ وراحة الإنسان	١٢٢
- درجة الحرارة وجسم الإنسان	١٢٢
- الماء في جسم الإنسان	١٢٥
- توازن جسم الإنسان	١٢٧
- درجة إحساس جسم الإنسان بالعناصر المناخية	١٢٨
- المناخ وجسم الإنسان في بيئة دلتا النيل	١٣٤
- ثانياً : المناخ وصحة الإنسان	١٣٥
- المناخ وصحة الإنسان في بيئة دلتا النيل	١٤٣
- الفصل السابع : المناخ والنشاط الزراعي	١٥١ - ١٩٤
- أولاً : المناخ والنشاط الزراعي	١٥٣

رقم الصفحة	العنوان
١٧٩	- المناخ وإنتاج المحاصيل الزراعية
١٨٠	- البنية الزراعية الاصطناعية
١٨٢	- ثانياً : المناخ والصناعة
١٨٨	- ثالثاً : المناخ والطاقة والاتصالات
١٩٠	- رابعاً : للمناخ والنقل والمواصلات
١٩٤	- المناخ وطرق النقل والمواصلات فى بيئة دلتا النيل
٢٢٦ - ١٩٥	- الفصل الثامن ، المناخ والسكن وبيئة الحضر
١٩٧	- مقدمة
١٩٨	- أولاً : المناخ وتصميم المسكن
٢١٦	- ثانياً : المناخ وبيئة الحضر أو المدن
٢٢٤	- المناخ والسكن فى بيئة دلتا النيل
٢٢٧ - ٢٩٥	- الفصل التاسع ، المشاكل المناخية البيئية
٢٢٩	- مقدمة
٢٣٠	- المشاكل المناخية وعلاقتها بحياة الإنسان
٢٣٠	- صعوبة الحصول على بيانات مناخية قطبية
٢٣١	- التغيرات فى المناخات الإقليمية
٢٣٥	- التصحر
٢٣٦	- إزالة الغابات
٢٣٨	- مشكلة الطاقة والمناخ
٢٤٧	- تلوث الهواء
٢٥٩	- مشكلة الأوزون
٢٦٧	- الأمطار الحمضية
٢٦٩	- ظاهرة النينو

العنوان	رقم الصفحة
- الفصل العاشر، الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية وآثارهما على دلتا النيل	٢٩٧ - ٣٥٦
- مقدمة	٢٩٩
- أولاً : ظاهرة الاحتباس الحرارى	٣٠٠
- أصل الظاهرة	٣٠١
- النتائج المتوقعة للاحتباس الحرارى	٣٠٦
- إجراءات مكافحة الاحتباس الحرارى	٣١٢
- ثانياً : ظاهرة التغيرات المناخية	٣١٦
- نظريات تفسير التغيرات المناخية	٣١٨
- دور الإنسان فى التغيرات المناخية	٣٣٧
- للنتائج المتوقعة للتغيرات المناخية	٣٤٢
- نصيب مصر من التغيرات التى سيستقر على شكل المناخ فى المستقبل	٣٥١
- المراجع	٣٥٧ - ٣٦٤
- أولاً : المراجع العربية	٣٥٩
- ثانياً : المراجع الأجنبية	٣٦١

قليلة هي الكتب التي صدرت باللغة العربية حول المناخ التفصيلي والتطبيقي. ولهذا النقص الكبير أثره البالغ على مختلف فروع علم الجغرافيا وسانر العلوم التي تتطلب معرفتها الإلمام ببعض بحوث علم المناخ التفصيلي والتطبيقي كعلم هندسة المدن وعلم الصحة والعلوم العسكرية والطيران والعلوم الزراعية وعلم النفس. إذ يؤثر الطقس والمناخ كظواهر بيئية دينامية على حياة الإنسان وأنشطته. ولقد لغت نظر علماء المناخ الطرق التي تؤثر بها عناصر الطقس والمناخ في أشكال النشاط الاقتصادي والاجتماعي، فانطلقوا للبحث عن تحديد دور كل عنصر من تلك العناصر. ولم يعد هناك مجال للشك في أثر الظروف الجوية على حياة الإنسان اليومية، فإلى جانب تحكم الظروف الجوية في تحديد نوع الطعام المناسب ونموذج المسكن الملائم ومكان قضاء العطلة الأسبوعية، تحدد أيضاً مدى امكانية القيام ببعض الأعمال التي تتم في العراء أو الخلاء.

ولقد بدأ علم المناخ منذ نشأته بداية تطبيقية، فما أن بدأ الإنسان يتنفس هواء الجو الذي يحيط به، ويتعرف على الاختلافات التي تميز أجزاء بيئته المحدودة حتى شعر بأهمية البحث عن دور الظواهر الجوية في تحديد طرق معيشته، والعمل على ضبط تأثير تلك الظواهر وتجنب أخطارها إن أمكن له ذلك.

وقد حصصنا هذا الكتاب لمعالجة تأثير المناخ على جوانب البيئة الطبيعية والبشرية وذلك بهدف إلقاء الضوء على التأثيرات المباشرة وغير المباشرة للمناخ. وقد اعتمدنا في اعداد هذا الكتاب على معظم المراجع التي تعالج مثل الموضوعات التي عالناها وعلى رأس هذه المراجع المتخصصة الدقيقة كتاب Applied Climatology لمؤلفه جريفيث J. f. Griffiths في طبعته السادسة التي صدرت عام ١٩٧٥ والذي تضمن فصولاً تتصف بالشمولية والدقة التي أكدت بها العلاقات الرياضية العديدة التي أبرزت الترابط القائم بين المناخ وجوانب البيئة الطبيعية والبشرية. كما استعنا بعدد آخر من المؤلفات الأجنبية من أهمها كتاب Principles of Applied Climatology لمؤلفه K. smith المطبوع عام ١٩٧٥ وكتاب Applied Climatology لمؤلفه J. E. Hobbs المطبوع عام ١٩٨١ بجانب العديد من الكتب الأجنبية الأخرى الواردة في قائمة المراجع في نهاية هذا الكتاب. ومن الكتب العربية اعتمدنا على الكتاب القيم للدكتور على موسى وهو بعنوان «الوجيز في المناخ التطبيقي»، المطبوع عام ١٩٨٢

ويكاد يكون هذا الكتاب من أفضل ما كتب فى موضوع الدراسة المعاصرة لعلم المناخ التطبيقى فى المكتبة العربية.

وتبدو أهمية الكتاب بين أيدينا فى أنه محاولة لإبراز أهمية المعلومات المناخية وصلتها بنواحي الحياة. إذ ركزت الدراسة فيه على توضيح العلاقة بين المناخ والبيئة من وجهة نظر جغرافية المناخ التطبيقى، كما ركزت الدراسة على مجموعة من المشاكل المناخية التى تمثلت فى مشكلة صعوبة الحصول على بيانات مناخية عن المناطق القطبية والتى حللتها الآن الأقمار الاصطناعية المنيورولوجية ومشكلة التغيرات فى مناخ الأقاليم المناخية ومشكلة التصحر وإزالة الغابات ومشكلة تلوث الهواء ومشكلة ثقب الأوزون والأمطار الحمضية ومشكلة ظاهرة النينو والتى تعد من أكثر الظواهر الجوية المحيرة التى كتب عنها الكثير ومازال حتى الآونة الأخيرة.

ولقد انتهجنا فى كتابنا هذا أسلوباً وصفيّاً تحليلياً وتعليقياً جغرافياً، وهو أسلوب لا غنى عنه إذ أنه يساعد، بسهولة ويسر، على توصيل الحقائق العلمية وإيصال أسس المعرفة الجغرافية المناخية التفصيلية والتطبيقية للأذهان الناشئة فى مجال الدراسة الجغرافية بعمامة، فبدون الأسس والقواعد لا يمكن أن ينهض الصرح، أو تستقر الأصول عند المستجدين من طلاب هذه المعرفة. والكتاب بين أيدينا الآن يعالج تلك الأسس بوسيلة لا بشئ من الاقتضاب ولا بشئ من التفصيل وذلك لكى يستفيد منه الطالب المبتدئ والباحث المتخصص.

وقد كان هذا الإدراك الدافع الأساسى لإعداد هذا الكتاب الذى نحاول أن نقدم فيه موضوعات تتناول علم المناخ التفصيلى والتطبيقى بشكل يعكس المجالات والأنظمة التى يشملها كما يقدم مجموعة من المعلومات الأساسية فى هذا العلم ويقترح الطرق التى يمكن أن يستفاد بها من هذه المعلومات، هذا بالإضافة إلى أننا نقدم فيه موضوعات تتناول علاقة المناخ بحياة وأنشطة الإنسان الذى يعيش على سطح هذا الكوكب. ومن هذا المطلق فإن الكتاب يتألف من عشرة موضوعات تضمها عشرة فصول. خصص الفصل الأول منها لتحديد الأقاليم المناخية على سطح كوكب الأرض عن طريق تقديم وصف كمى للمناخ بهدف إلى تحقيق وصف دقيق للظروف المناخية التى يمكن أن تحدث عند أى مكان على سطح الأرض ضمن إطار علم المناخ الإقليمى التفصيلى. وفى الفصل الثانى درسنا أسس وعناصر المناخ التفصيلى، وفى الفصل الثالث عالجنا موضوعات فى المناخ الإقليمى التفصيلى وهو دراسة الظواهر الجوية فى وادى النيل وجنوب غرب آسيا بهدف التعرف على

خصائص هذه الظواهر وكتيفية التوقع (التنبؤ) الجوى بها وطرق هذا التوقع. وفى الفصل الرابع كانت دراسة عناصر المناخ التطبيقى وذلك بغرض تسهيل دراسة التطبيقات المناخية العديدة. ويعالج الفصل الخامس تأثيراً المناخ على عناصر الوسط البيئى الطبيعى وهى المياه والقرية والنبات، بينما يتناول الفصل السادس تأثير المناخ فى حياة الإنسان من حيث راحته وصحته وتطبيق هذا التأثير على الإنسان فى بيئة دلتا النيل. ويعالج الفصل السابع تأثير المناخ على أنشطة الإنسان الاقتصادية من زراعة وصناعة ونقل ومواصلات وتطبيق ذلك أيضاً على بيئة دلتا النيل، ويدرس الفصل الثامن موضوع المناخ والسكن مع التركيز على بيئة الحضر أو بيئة المدن. وخصص الفصل التاسع لدراسة المشاكل المناخية من وجهة نظر جغرافية المناخ التطبيقى، وتبدو أهمية هذه الدراسة فى أنها محاولة لإبراز أهمية المعلومات المناخية وصلتها بنواحى الحياة. وأخيراً أهدم الفصل العاشر بدراسة ظاهرتين مناخيتين هامتين هما الانحباس الحرارى والتغيرات المناخية لما لها من علاقة وثيقة بحياة الإنسان وأنشطته.

وغنى عن البيان القول بأن المعلومات عن علم المناخ التفصيلى والتطبيقى - بالشكل الذى وردت به فى هذا الكتاب - تقوم على شرح الحقائق العلمية مما يستدعى من القارئ بذل المزيد من الجهد فى استيعاب تفصيلاتها، لذلك كان لابد أن يكتب المتن بأسلوب سهل، وعرض المعلومات والمفاهيم الأساسية عرضاً مبسطاً ولكنه شاملاً للتصورات الحديثة فى ميدان الجغرافية المناخية بعامة وجغرافية المناخ التفصيلى والتطبيقى بخاصة. وقد زدنا الكتاب فى المواضع المناسبة بأشكال توضيحية وخرائط وأشكال بيانية وصور فوتوغرافية تعين القارئ على استيعاب مضمون الكتاب وفهم فحواه. ولا ندعى أننا قدمنا، فى هذا الكتاب، الجديد فى عالم التأليف، كما أننا لا ندعى أننا أضفنا إلى العلم نظريات جديدة، لأنه كتاب دراسى يعالج القواعد الأساسية وتفسير الحقائق والشواهد البارزة وتحليل السمات والمعالم المميزة للمناخ وعلاقته بحياة الإنسان وأنشطته على سطح الأرض. وسوف يتضح للقارئ أن الكتاب فى مادته العلمية يعتمد على كثير من أهم المراجع العربية والأجنبية التى عالجت وتعالج نفس موضوعات هذا الكتاب، وقد أثّرنا عدم ذكر هذه المراجع فى الحواشى وأكتفينا بإلحاقها فى ثبت فى نهاية الكتاب ليرجع إليها من يريد التوسع فى البحث والتعمق فى الدراسة والوقوف على التفصيلات. ولا يقتصر ذلك على المتن فحسب، بل أن معظم الخرائط والأشكال التوضيحية والرسوم البيانية قد نقلت من هذه المراجع بشئ من التصرف.

والكتاب بصورته الحالية وموضوعاته المحددة لا يبرز أمثاله ولا يزاحم أقرانه، في نفس الميدان، فما زال بالمكتبة الجغرافية العربية متسع لاستيعاب هذا الكتاب على الأقل لمجرد تنويع وتعدد المراجع أمام القارئ العام والطالب في المرحلة الجامعية الأولى والباحث المتخصص في ميدان علم المناخ التطبيقي بصفة عامة، لينهل منها الجميع كل حسب احتياجه. وأود هنا أن أتقدم بالشكر الجزيل إلى كل من شجعني وعاونني على اخراج هذا الكتاب ومراجعة أصوله، وأخص بالشكر: اساتذتي وزملائي بقسم الجغرافيا بكلية الآداب - جامعة الاسكندرية الذين أفدت كثيراً من توجيهاتهم السديدة وارشاداتهم القيمة، كما أود هنا أن أزجي الشكر للحاج صابر عبد الكريم صاحب دار المعرفة الجامعية بالاسكندرية على تفضله بطباعة ونشر هذا الكتاب. وشكري الجزيل وامتناني العظيم إلى زوجتي التي كانت تخفف الأعباء وتهون الصعاب وتعين على الصبر، وأولادى الذين طوقوا جهدى بجهودهم ولولاهم ويدون تشجيعهم ومساعدتهم لما رأى هذا العمل النور.

وبعد، أرجو أن يحقق هذا الكتاب الغرض الذي استهدفته، وأن يكون لبنة أضعها في هذا المجال واسهاماً منا في انماء الدراسات الجغرافية المناخية، وأن يجد المهتمون بمثل هذه الدراسات من جغرافيين وغيرهم الفائدة التي أرجوها لهم، كما أرجو أن أكون قد وفقت في حمل جزء من الرسالة التي تتعهد بها الجامعة، وفي الوفاء بجزء مما أدين به للعمل الذي أضطلع بأعبائه، وقد بذلت قصارى الجهد، وما أتوقع الكمال - فهو لله وحده - أستمد منه العون والرشاد، وأبغى من فضله التوفيق والسداد، له الحمد والتمجيد كما يرزى، وأسأله من خير ما حتم وقضى، عليه التوكل، وبه نستعين، وعليه قصد السبيل.

دكتور فتحي عبد العزيز أبو راضي

الاسكندرية - ثروت

أول يناير ٢٠٠٦

الفصل الأول
أقاليم العالم المناخية

أقاليم العالم المناخية

مقدمة :

يعد المركب المناخى وليد تفاعل مجموعة من العناصر، التى تنجم عن فعل عوامل عديدة . ولما كانت تلك العناصر تختلف مكانياً، واختلافها هذا انعكاس لدرجة قوة فاعلية هذا العامل أو ذلك الذى يعد مسلولاً عن وجود هذا العنصر أو غيره . والهدف من تصنيف العالم وتقسيمه إلى أقاليم مناخية - كل إقليم يختلف عن غيره - هو تسهيل الدراسة من ناحية، ومن ناحية أخرى التمكين من تحديد التباينات الدقيقة ما بين أجزاء تلك الأقاليم التى تنبثق عن التجانس المطلق داخل حدودها المناخية الكبرى . والتصنيف المناخى هو الأساس الذى يمكن أن يعتمد عليه صناع القرار فى عمليات التخطيط السليم لتنفيذ برنامج اقتصادى ما أو عند إجراء تنمية فى منطقة ما .

ومما لا ريب فيه أن التصنيف المناخى بشكل ركيزة من ركائز علم المناخ التطبيقي . خاصة إذا أدرکنا أن معظم العلماء الذين يقومون بتصنيف العالم إلى أقاليم مناخية انطلقوا فى رسم الحدود المناخية للأقاليم التى اقترحوها من تأثير المناخ على جوانب البيئة المختلفة . ففكرة كان النبات مطلقهم الأساسى فى رسم الحدود المناخية (كوبن، دومارتون، ميلر)، وفكرة أخرى كان الإنسان - من حيث مناسبة المناخ لراحته - منطلقاً فى ذلك (بيلى)، بينما انطلق آخرون من العلاقة بين الحاصلات الزراعية والظروف المناخية (ثورنثويت)، وهو ما له من علاقة أيضاً بالإنسان وحياته . وسوف نستعرض فى هذا الفصل التصنيف الأخير، وهو تصنيف ثورنثويت نظراً لأهميته الخاصة فى علمى المناخ التفصيلى والتطبيقي معاً .

أقاليم العالم المناخية حسب تصنيف ثورنثويت

أفترحت فى الآونة الأخيرة نظاماً تجريبية عديدة من أجل عمل تصنيفات مناخية اقليمية . ويرجع تعدد تلك النظم إلى الطبيعة المعقدة للمناخ وكذلك إلى العدد الكبير من العوامل أو العناصر التى يمكن اختيارها وكذلك القيم الحدية الممكنة فى تأسيس النظام . فكانت هناك على سبيل المثال محاولات لعمل نظام تصنيفى قائم على أساس الطاقة السطحية وتدفقات الرطوبة . وكانت الأقاليم الناتجة تركز على عوامل المناخ العاملة فى

أقليم معين. غير أنه نظراً لأن المناخ هو عبارة عن ظواهر متغيرة في الوقت والمكان فقد كان صعباً للغاية تحديد مجموعة من القيم الحدية المعينة التي يمكن أن تعد ملائمة للمناخ وبشكل محدد. ومن هنا فإن معظم النظم قد صممت على أساس أهداف أو تطبيقات معينة سوف تستخدم من أجلها، فكانت هذه الأهداف أو التطبيقات تملئ اختيارات القيم الحدية المستعملة. وعلاوة على ذلك فإن التطبيقات التي يصاغ التصنيف من أجلها كثيراً ما تفرض درجة تعقيد نظام التصنيف نفسه. فعلى أحد الجانبين هناك نظم التصنيف الإقليمية البسيطة والقائمة على أساس عامل مناخى واحد، ومثل هذه التصنيفات نادراً ما ينظر إليها على أنها تصنيفات حقيقية، بل بالأحرى تعد هذه التصنيفات عبارة عن خرائط إقليمية محددة الغرض. بينما على الجانب الآخر، هناك نظم تصنيف تشمل عدداً من العوامل المناخية. ولعل من أكثرها شهرة ذلك التقسيم المعروف بالتصنيف «المنطقي» والمقترح بواسطة ثورنثويت Thornthwaite. فقد افترض أن التوازن المائى السطحي هو العامل أو الخاصية المفردة الأكثر أهمية من العوامل المناخية في أى مكان. ويعتمد هذا التوازن المائى ليس فقط على التساقط والتبخر في وقت ما، بل أيضاً على تفاوتاتهما الموسمية. ولقد نتج عن هذا التصنيف ظهور الدليل الرطوبي Moisture Index، كأحد المتغيرات المهمة في النظام. ثم تم بعد ذلك استنتاج القيم الحدية الهامة. والتصنيف الناتج هو تصنيف معقد إلى حد ما ولا يلائم المناطق الجافة Arid Areas بشكل تام. لذا فإن هذا التصنيف لم يستخدم بصورة مكثفة على مستوى كوكب الأرض. إلا أن خرائط الأنماط المناخية للأقاليم القارية الواقعة على دوائر العروض الوسطى تعكس - باستخدام رموز معينة - كمياً ضخماً من المعلومات بالغة الأهمية بالنسبة للمجال الزراعى.

ونظراً للتطورات التي حدثت مؤخراً في الأسس العلمية لعلم المناخ بسبب تحسن وسائل القياس المستخدمة في الرصد الجوى وإنشاء محطات الرصد ووفرته وتجميع بيانات ومعلومات الطقس، وقد أدى كل ذلك إلى التطور المشهود في الدراسة المناخية وإعطاء صورة واضحة لمناخ العالم وتبايناته المختلفة. ومن الأهمية بمكان في دراسة التصنيفات المناخية دراسة التوزيع الفصلى لعناصر المناخ، وهو ما اتبعه ثورنثويت في تصنيفاته، إذ أنه اعتمد في تحديد الأنماط المناخية على أساس كمى للعناصر المناخية التي ركز عليها، كما أنه اعتمد أيضاً على النبات الطبيعي. فالتبخر الذى يحدث من سطح التربة والنتج الذى يخرج من النباتات يشكلان معا انتقال الماء من الأرض إلى الجو وهما عنصران أساسيان في تصنيفى ثورنثويت الذى قام بوضعهما حيث، نشر الأول منهما في

عام ١٩٣١ بينما نشر الثانى فى عام ١٩٤٨ . ويعتمد التصنيفان على نفس العناصر المناخية ولكن يختلف حساب هذه العناصر من أحدهما للآخر بما يجعل النتائج المستخلصة من كل منها مختلفة أيضاً .

أولاً - تصنيف عام ١٩٣١

يعتمد هذا التصنيف على أربعة عناصر رئيسية هى: القيمة الفعلية للمطر، وتوزيعه الفصلى، ثم القيمة الفعلية لدرجة الحرارة وتوزيعها الفصلى، وهذا التصنيف يشبه تصنيف كوين فى محاولته تحديد حدود الأقاليم المناخية على أساس كمى، إلى جانب اعتماده أيضاً على النبات الطبيعى، وبالإضافة إلى ذلك فهو يستخدم مجموعة من الرموز التى تدل على الأنماط المناخية، ولكنه يختلف عنه أساساً فى استخدامه للتعبير عن فاعلية المطر والحرارة .

(١) القيمة الفعلية للمطر

من الحقائق المعروفة أن الحياة النباتية والحيوانية لا يمكنها أن تستفيد من كل المطر الساقط فوق سطح الأرض، لأن نسبة كبيرة جداً من الأمطار تضيع بوسائل شتى منها عن طريق التصريف السطحى أو بواسطة التسرب ضمن شقوق القشرة الأرضية أو من خلال التبخر من التربة، وعلى هذا فإن القيمة الفعلية للمطر أى الكمية التى يستفاد منها، تتوقف على مقدار ما يضيع منه بالطرق السابقة . ويعد تحديد القيمة الفعلية للمطر من المشاكل المعقدة، نتيجة للعلاقة الوثيقة بين كمية المطر (الربطية) الفعلية لنمو النبات من جهة والتبخر من جهة أخرى . وإستخدام ثورنثويت فى عام ١٩٣١ م المعادلة التالية لحساب القيمة الفعلية للمطر:

$$\frac{1}{9} \left(\frac{\text{كمية المطر الشهرية بالبوصة}}{\text{متوسط درجة الحرارة} - 10} \right) 11.5 = \text{القيمة الفعلية للمطر}$$

وفى حال إستخدام المقياس المئوى لدرجة الحرارة، فإن المعادلة تصبح على الشكل التالي:

$$\frac{1}{9} \left(\frac{\text{كمية المطر الشهرية}}{\text{متوسط درجة الحرارة الشهرية} + 17.2} \right) = \text{القيمة الفعلية للمطر الشهري}$$

وتحسب القيمة الفعلية للمطر السنوى عن طريق جمع القيمة الفعلية للمطر الشهري خلال الاثنى عشر شهراً، ويمكن معرفة حالة المناخ والنوع النباتى اللازم له عن طريق

مقارنة قيم القيمة الفعلية للمطر السنوى مع التدرج التصنيفى الذى وضعه ثورنثويت
جدول (١-١) .

جدول رقم (١-١)
تدرج ثورنثويت التصنيفى الفاعلية للمطر

القيمة الفعلية للمطر	النمط المناخى	الرمز	النموذج النباتى
أكثر من ١٢٨	رطب جدا	A	غابة مطيرة
١٢٧ - ٦٤	رطب	B	غابة
٦٣ - ٣٢	شبه رطب	C	أرض عشبية
٣١ - ١٦	شبه جاف	D	استبس
أقل من ١٦	جاف	E	صحراء

ولقد اتخذ ثورنثويت القيمة ٤٨ للقيمة الفعلية للمطر الحد الفاصل بين المناخات الجافة والمناخات الرطبة .

التوزيع الفصلى للقيمة الفعلية للمطر،

نتيجة للاختلاف الشهرى فى درجة الحرارة السنوية وكمية المطر، فإننا نجد أن هناك تبايناً فى القيمة الفعلية للمطر تبعاً لفصلية المناخ. وهكذا نرى أنه لابد من التمييز بين أربعة أنواع فصلية للقيمة الفعلية للمطر، كما حددها ثورنثويت على النحو التالى: رطوبة مستمرة فى كل الفصول r، نقص فى الرطوبة فى الصيف s، نقص فى الرطوبة فى الشتاء w، نقص فى الرطوبة فى كل الفصول d.

ففى حالة إذا ماكانت قيمة القيمة الفعلية للمطر أكثر من ٤٨، فإن النمط (r) يحدث عندما تكون الفاعلية الفصلية القصوى أقل من نصف القيمة الكلية للفاعلية مالم تزد هذه الفاعلية على ١٢٨، وأما النمط (s) فإنه يشكل عندما تكون القيمة الفعلية للمطر فى الشتاء أكثر من ١٦ أو أكثر من نصف الفاعلية الكلية التى يجب أن تكون أقل من ١٢٨ .

وفى حالة إذا كانت الفاعلية الصيفية أكثر من ١٦ فالنمط المناخى يكون (w). وعندما يكون هناك نقص رطوبة فى كل الفصول (d) فإن القيمة الفعلية للمطر السنوى عندئذ تكون أقل من ٤٨ والفاعلية الفصلية لا تزيد على ١٦ .

(٢) القيمة الفعلية لدرجة الحرارة

يشبه تأثير الحرارة تأثير الماء في النبات، فالحرارة تؤثر في كثير من العمليات الكيميائية والطبيعية، كما تؤثر في عمليات التمثيل الضوئي في النبات. والأثر الفعلي للحرارة يكون معادلاً في أهميته للأثر الفعلي للماء. ولقد وضع «ثورنثويت» علاقة رياضية بسيطة لحساب فاعلية الحرارة مستخدماً فيها المتوسط الشهري والسوى لدرجة الحرارة، والعلاقة هي كالآتي:

$$\text{القيمة الفعلية لدرجة الحرارة الشهرية} = \frac{\text{المتوسط الشهري لدرجة الحرارة} - 32}{4}$$

حيث درجة الحرارة بالمقياس الفهرنيتي. وفي حال استخدام المقياس المئوي فإن المعادلة تصبح كالآتي:

$$\text{القيمة الفعلية لدرجة الحرارة الشهرية} = \frac{9 \times \text{المتوسط الشهري لدرجة الحرارة}}{5} - 32$$

ويمكن حساب القيمة الفعلية لدرجة الحرارة السنوية، إما عن طريق جمع الفاعليات الشهرية الاثنى عشرة أو باستخدام العلاقة الآتية:

$$\text{فاعلية الحرارة السنوية} = 5,4 \times \text{المتوسط السنوي لدرجة الحرارة (م)}^{\circ}$$

وعلى أساس فاعلية درجة الحرارة السنوية ميز «ثورنثويت» بين ستة أقاليم حرارية تتراوح فيهما فاعلية الحرارة بين الصفر إلى أكثر من ١٢٨، وهي كالآتي:

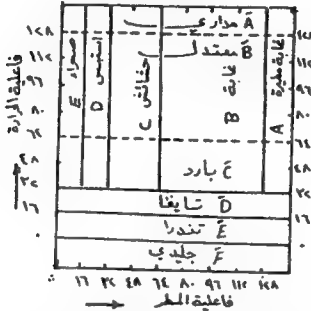
الرمز	النمط المناخي	القيمة الفعلية لدرجة الحرارة السنوية
'A	مدارى	أكثر من ١٢٨
'B	معتدل	٦٤ - ١٢٧
'C	بارد	٣٢ - ٦٣
'D	طايغا	١٦ - ٣١
'E	تندرا	١ - ١٥
'F	صقيع	صفر

وتوجد أقل الشروط الحرارية لنمو النبات في المنطقة القطبية، حيث تكون فاعلية الحرارة منخفضة جداً في التندرا، وتعادل الصفر في المنطقة الفاصلة بين النطاق القطبي والتندرا. أما أكثر الشروط الحرارية الملائمة لنمو النبات فتوجد في المنطقة المدارية التي تصل فاعلية الحرارة فيها إلى ١٢٨ فأكثر (شكل ١ : ١ - ١).

التركيز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة

من المعروف علمياً ان الفاعلية السنوية لدرجة الحرارة لاتعطى الصورة الحقيقية للحالة الحرارية في منطقة من المناطق نتيجة للتباين في درجة الحرارة على مدار السنة، إذ أنه من المتوقع أن يكون لمحتلين قيمة الفاعلية السنوية نفسها، ولكن المحطة الأولى تكون فيها معظم الفاعلية محصورة في فصل الصيف، بينما نجد في الأخرى العكس.

$$(\text{التركيز الصيفي لفاعلية الحرارة} = \frac{\text{فاعلية الحرارة في أشهر الصيف}}{\text{فاعلية الحرارة السنوية}} \times 100)$$



(شكل رقم ١-١٠ أقاليم الحرارة والرطوبة (ثورنشويت ١٩٢١)

ويتراوح مدى التركيز الصيفي بوجه عام بين ٢٥ - ١٠٠، وتختلف قيمته تبعاً لدرجة العرض والبعد عن البحر. وعلى أساس درجة التركيز الحرارية، ميز «ثورنشويت» بين خمسة أقاليم مناخية حرارية، هي كالآتي:

النمط المناخي	نسبة التركيز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة
a	٪٣٤ - ٢٥
b	٪٤٩ - ٣٥
c	٪٦٩ - ٥٠
d	٪٩٩ - ٧٠
e	٪١٠٠

وحسب درجة كفاية الفاعلية الحرارية لنمو النبات ميز «ثورنثويت» ثمانية أقاليم مناخية، وهي كالآتي:

أقاليم فيها كفاية حرارية أقاليم ليس فيها كفاية حرارية

A	غابة مطرية	D	تاييجا
B	غابة	E	تندرا
C	أرض عشبية	F	صقيع وتلج دائم
D	استبس		
E	صحراء		

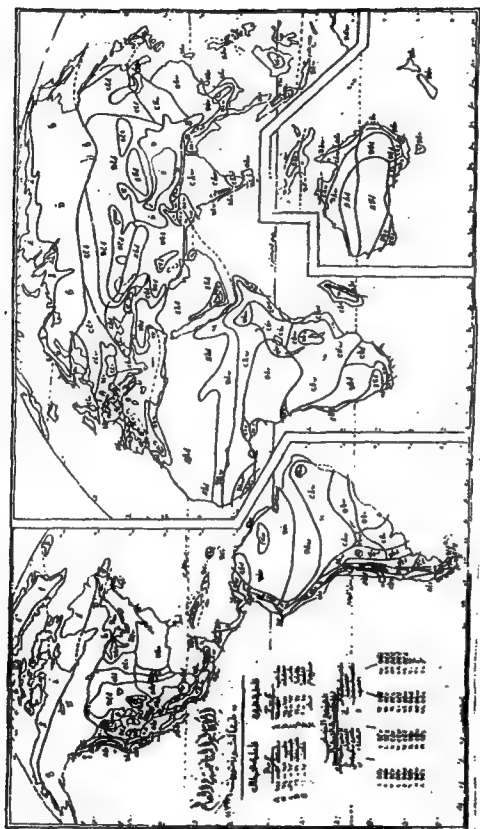
وفيما يلي جدول (٢ - ١) يبين الأقاليم المناخية تبعاً لعناصر التصنيف المختلفة وحسب الرموز المستخدمة:

جدول رقم (٢ - ١)

الأقاليم المناخية لثورنثويت حسب عناصر التصنيف المختلفة

فصلية الحرارة	فصلية المطر	فاعلية الحرارية	فاعلية المطر
a	r	A	A
b	s	B	B
c	w	C	C
d	d	D	D
e		E	E
		F	

والشكل (٢ - ١) يوضح توزيع الأقاليم المناخية على سطح كوكب الأرض حسب تصنيف ثورنثويت الأول عام ١٩٢١.



شكل رقم ٢ - ١) الأقاليم المناخية في العالم حسب تصنيف لورنتزوت ١٩٣٦

ثانياً - تصنيف عام ١٩٤٨

إذا كان هذا التصنيف يفتأبه مع التصنيف السابق فى العناصر التى يعتمد عليها وهى: عنصر الرطوبة، عنصر الحرارة، التوزيع الفصلى، للقيمة الفعلية للمطر (الرطوبة)، والتركيز الصيفى لفاعلية الحرارة. فإن التصنيفين مختلفان عن بعضهما بصورة واضحة. ففى التصنيف الأول (١٩٣٠) حددت الأنماط المناخية على أساس دراسة توزيع النبات والترية ومظاهر التصريف المائى، بينما فى التصنيف الجديد حددت المناخات بصورة رياضية والحدود وقعت تبعاً لمعلومات وقيم احصائية، والاختلاف يظهر أيضاً نتيجة التغير فى النظرة إلى دور النبات. فالدراسات المبكرة التى قام بها كوين اتخذت النبات مؤشراً مناخياً مفسراً لكل العناصر المناخية بينما الدراسة الحالية تنظر إلى النبات على أنه عبارة عن أداة طبيعية وطبقها نقل الماء من التربة إلى الجو، أى أن النبات يعد وسيلة للتبخير، كما أن الغيوم وسيلة للتساقط.

وتعد طاقة التبخر / النتج نقطة الأساس فى تصنيف ثورنثويت الجديد، إضافة إلى أنه يعطى فكرة عن التوازن المائى عن طريق تحديد كمية النقص فى الماء أو الفائض الذى يستخدم فى شكل معادلة رياضية لتحديد دليل أو مؤشر الرطوبة.

طاقة التبخر / النتج Potential Evapotranspiration

لا يمكن تحديد نوعية المناخ ما إذا كان جافاً أو رطباً من خلال معرفة التساقط فقط، بل يجب معرفة ما إذا كان التساقط أكبر أو أقل من احتياج الماء للتبخير والنتج، وإذا كانت أهمية كل من التساقط والتبخير/النتج تبدو مقارارية، وأن كانا يرجعان إلى أسباب مناخية مختلفة، فإنهما يختلفان عن بعض سواء فى الكمية أو فى التوزيع الشهرى والفصلى، ففى بعض الأمكنة نجد أن الأمطار الساقطة شهرياً تكون أكثر من التبخر من التربة واستهلاك النبات للماء، وبالتالي يوجد حينئذ فائض مائى، وهذا الفائض ينسرب إلى باطن الأرض أو يجرى على شكل جداول وأنهار على سطح الأرض حتى البحر، بينما فى أمكنة أخرى فإن الأمطار الساقطة شهرياً تكون أقل مما تستغله التربة فى التبخر والنبات فى النتج، وبالتالي لا يوجد فى هذه الحالة أى فائض مائى، بل يوجد نقص وانعدام فى الجريان السطحى للماء، ماعدا المناطق التى تتميز بقربتها غير منفذة للماء.

وتعد طاقة التبخر/النتج، حسب وجهة نظر ثورنثويت، عبارة عن كمية المياه التى تتبخر من التربة وتنفذ من النباتات بواسطة النتج، فيما لو افترض وجود غطاء نباتى أخضر ومورد مياه دائم يعد التربة باستمرار وهذا المقدار الافتراضى لما يفقد من التربة

والنبات هو في الواقع مقدار المياه اللازمة لمنطقة ما كي لا يكون المناخ فيها جافاً. ويجب أن لا نخلط بين التبخر/ النتج الفعلى وطاقة التبخر/ النتج. حيث أن التبخر/ النتج الفعلى هو قيمة حقيقة تتم في الظروف العادية لمنطقة ما ويمكن قياسها، بينما طاقة التبخر/ النتج فهي قيمة افتراضية ونظرية ومثالية فمثلا يكون التبخر/ النتج قليلا في منطقة صحراوية نباتها قليل، وقد يضل التبخر/ النتج إلى أقصاه في منطقة تتميز بزيادة مواردها المائية.

ولما كانت طاقة التبخر/ النتج تختلف قيمتها باختلاف نوعية التربة والغطاء النباتي، ودرجة الحرارة، لذا فإن ثورنثويت قدر قيمة المياه التي تخزن في منطقة الجذور في التربة بأنها تتفاوت بين ٢٥ - ١٠٠ - ٤٠٠ ملم تبعاً لنوع التربة وعمقها وبذيتها. ولقد وضع «ثورنثويت» معادلة لحساب طاقة التبخر/ النتج وذلك بالاعتماد على متوسط الحرارة الشهرى والمعادلة هي الآتية:

$$\text{طاقة-التبخر/ النتج} = ١,٦ \left(\frac{١٠ \times \text{المتوسط الشهرى الحرارى}}{\text{مجموع القيم الشهرية للمعامل الحرارى}} \right) \text{ ع}$$

حيث يحسب المعامل الحرارى من:

$$\text{المعامل الحرارى} = \left(\frac{\text{متوسط الحرارة الشهرى}}{٥} \right) ١,٥١٤$$

أما ع =

$$٠,٤٩٢٣٩ + I \times ٦٠ \times ٠,١٧٩٢١ \times I^2 \times ١٠ \times ٠,٧٧١١ + I^3 \times ١٠ \times ٠,٦٧٥١$$

حيث I هي المعامل الحرارى السنوى

(١) معامل الرطوبة

من الواضح الآن أنه ليس بالإمكان معرفة معامل الرطوبة، بمجرد مقارنة قيمة التبخر/ النتج من التربة والنبات مع التساقط، ولكن يجب أخذ طاقة التبخر/ النتج في الحسبان نتيجة للدور الذى تلعبه والذي لا يقل عن الدور الذى يقوم به التساقط، إذ أنه بمقارنة الأمطار مع طاقة التبخر/ النتج يمكن معرفة مدى الحاجة للماء، وما إذا كان

هناك نقص في الماء أو زيادة، وعندئذ يكون المناخ رطباً أو التساقط جافاً. فعندما تكون كمية التساقط أكبر من طاقة التبخر/ النتج فعندئذ يكون هناك فائض من الماء، أما إذا كانت طاقة التبخر/ النتج أكبر من قيمة التبخر/ النتج الفعلي فالمطقة يكون فيها عجز مائي، والزراعة تكون بحاجة إلى الري. ولقد استخد- ثورنثويت كلاً من الفائض المائي والعجز المائي بجانب طاقة التبخر/ النتج للتعبير عن درجة الرطوبة والجفاف وذلك في شكل معادلات رياضية كالآتي:

$$(1) \text{ (معامل الرطوبة) } = \frac{100 \times \text{كمية المياه الفائضة}}{\text{طاقة التبخر / النتج}}$$

$$(2) \text{ (معامل الجفاف) } = \frac{100 \times \text{كمية العجز في المياه}}{\text{طاقة التبخر / النتج}}$$

في حال انعدام التساقط فإن معامل الجفاف يبلغ حده الأقصى، وعنده يكون العجز المائي معادلاً لطاقة التبخر/ النتج، ومعامل الجفاف يساوي ١٠٠٪. أما معامل الرطوبة فلا يصل حده الأقصى إلا عندما تكون كمية التساقط معادلة لصنعف طاقة التبخر/ النتج. ونتيجة لتعاقب العجز المائي والفائض المائي في فصول السنة المختلفة، فلقد أدخلها- ثورنثويت معاً في حساب معامل الرطوبة. وعلى الرغم من أن الزيادة في الماء في فصل من الفصول لايمكنها أن تمنع العجز في فصل آخر، لكن ماخزن من الماء في التربة يعوض جزئياً هذا العجز. ولقد عد ثورنثويت أن الزيادة من المياه بمقدار ٦٠ ملم في أحد الفصول يمكنها أن تعوض عجزاً مقداره ١٠٠ ملم في فصل آخر.

وهكذا نجد أنه عند حساب معامل الرطوبة، فإن مؤشر الرطوبة يكون أكثر وزناً وأهمية من مؤشر الجفاف، حيث أن مؤشر الجفاف تشكل ١٠ قيمة مؤشر الرطوبة، وعلى هذا الأساس فإن العلاقة الرياضية التي وضعها ثورنثويت لحساب معامل الرطوبة يكون على الشكل التالي:

$$\text{ (معامل الرطوبة) } = \frac{\text{المياه الزائدة} \times 100 - \text{العجز في المياه} \times 60}{\text{طاقة التبخر / النتج}}$$

وعندما تكون قيم معامل الرطوبة ايجابية فالمناخ يكون عندئذ رطباً، وعندما تكون القيم سلبية فإن المناخ عندها يكون جافاً.

وفيما يلي أقاليم الرطوبة مع قيم حدودها تبعاً للتدرج التصنيفي الذي وضعه «ثورنثويت» عام ١٩٤٨:

	الرمز	النمط المناخي	معامل الرطوبة
B	A	رطب جدا	١٠٠ فأكثر
	B ₄	رطب	٨٠ - ١٠٠
	B ₃	رطب	٦٠ - ٨٠
	B ₂	رطب	٤٠ - ٦٠
	B ₁	رطب	٢٠ - ٤٠
C	C ₂	شبه رطب (مائل للرطوبة)	٢٠ - صفر
	C ₁	شبه رطب (مائل للجفاف)	صفر إلى - ٢٠
	D	شبه جاف	٤٠ - ٢٠ -
	E	جاف	٤٠ - إلى - ٦٠ -

وتعد الأنماط المناخية السابقة هي نفس الأنماط التي حددها وقدمها ثورنثويت في تصنيفه السابق في عام ١٩٣١ ولكن بينما اعتمد في وضع الحدود في التصنيف السابق على الطريقة الوصفية المعتمدة على دراسة النبات والتربة ونماذج التصريف المائي، فإن الحدود في التصنيف الجديد هي حدود منطقية اعتمد ثورنثويت في وضعها على العلاقة ما بين التبخر/النفع والتساقط. وعلى الرغم من ذلك هناك علاقة بين معامل الرطوبة حسب التصنيف الجديد ومعامل الرطوبة في التصنيف القديم وهذه العلاقة تحدد من المعادلة التالية:

$$(\text{معامل الرطوبة القديمة} = ٠,٨ \times \text{معامل الرطوبة الجديدة} - ٤٨)$$

التباين الفصلي لأعلى الرطوبة،

من المهم معرفة فصلية المناخ حين نقوم بدراسة المناخ في منطقة من المناطق. فكثيراً ما يتعاقب فصل الجفاف مع فصل للرطوبة، وإذا كانت هناك مناطق يسيطر عليها الجفاف باستمرار فلا شك أن هناك فصلاً يكون أقل جفافاً من غيره.

ولقد استخدم ثورنثويت معاملات الجفاف والرطوبة لتحديد فصلية المناخ؛ ففي المناخات الرطبة والتي تكون معامل الرطوبة فيها أكثر من الصفر، استخدم مؤشر الجفاف لمعرفة نوعية العجز المائي الموجود، أما في المناخات الجافة (C, D, E) التي

ينخفض فيها معامل الرطوبة عن الصفر، فعد ثورنثويت مؤشر الرطوبة خير مايدل على نوعية الفائض المائي. وأشار ثورنثويت إلى فصلية الرطوبة برموز معينة.

وفيما يلي التدرج التصنيفي لفصلية الرطوبة الذي وضعه «ثورنثويت» في حالة المناخات الرطبة والجافة، مع الحدود المناخية الفاصلة بين نوع وآخر (جدول ١-٣).

(جدول لرقم: ١-٣)

التدرج التصنيفي لفصلية الرطوبة والأنواع المناخية المرتبطة بها

١- المناخات الرطبة A.B.C ₂	الرمز	مؤشر الرطوبة
كمية العجز في المياه قليلة أو معدومة	r	صفر إلى ١٦,٧
عجز متوسط في الصيف	S	١٦,٧ - ٣٣,٣
عجز متوسط في الشتاء	u	١٦,٧ - ٣٣,٣
عجز كبير في الصيف	S ₂	أكثر من ٣٣,٣
عجز كبير في الشتاء	W ₂	أكثر من ٣٣,٣
٢- المناخات الجافة C ₁ .D.E	الرمز	مؤشر الرطوبة
كمية المياه الزائدة قليلة أو معدومة	d	صفر إلى ١٠
زيادة متوسطة في الشتاء	S	١٠ - ٢٠
زيادة متوسطة في الصيف	W	١٠ - ٢٠
زيادة كبيرة في الشتاء	S ₂	أكثر من ٢٠
زيادة كبيرة في الصيف	W ₂	أكثر من ٢٠

وهكذا يتضح أن هناك عشرة أقاليم مناخية تبعاً لفصلية الرطوبة.

(٢) القيمة الفعلية لدرجة الحرارة،

يعد ثورنثويت طاقة التبخر/ النتج مقياساً لفاعلية الحرارة من جهة، وللترابط ما بين درجة الحرارة ودائرة الغرض من جهة أخرى، فإن طاقة التبخر/ النتج تصبح كما

ذكرنا سابقاً بالنسبة لطول النهار. ولما كانت فاعلية نمو النبات لا تتوقف فقط على درجة الحرارة، ولكنها ترتبط ارتباطاً وثيقاً بكمية الماء اللازمة لتحقيق نمو أفضل، فإن فاعلية الحرارة تقاس بالوحدات المستعملة نفسها في قياس فاعلية الرطوبة.

وبوجه عام فإن أقل التباينات الفصلية في درجة الحرارة تتمثل في المنطقة الاستوائية التي يزيد متوسط الحرارة السنوي فيها على ٢٣°م، وكلما ابتعدنا عن خط الاستواء تبرز الاختلافات الفصلية بشكل واضح ويتدنى المتوسط السنوي للحرارة لينخفض دون ٢١° عند الحد الجنوبي للنطاق المعتدل الذي يتباطأ فيه النمو شتاءً وتزداد الحاجة للماء في فصل الصيف. ونتيجة للحسابات التي قام بها ثورنثويت في النطاق الاستوائي، فإن طاقة التبخر/ النتج (فاعلية الحرارة) بلغت هناك ١١٤ سم، ولقد عدت هذه القيمة على أنها الحد الفاصل بين المناخات الحارة والمعتدلة.

وتشابه الأنماط المشتقة من فاعلية الحرارة تلك الأنماط المستمدة من معامل الرطوبة حتى أنه يشار إليها برموز مشابهة. وفيما يلي المناخية التي حددها «ثورنثويت» تبعاً لقيم فاعلية الحرارة (طاقة التبخر/ النتج) في تصنيفه الجديد لعام ١٩٤٨ (جدول ٤-١).

جدول رقم (١-٤)

القيمة الفعلية لدرجة الحرارة والأنماط المناخية لثورنثويت عام ١٩٤٨

الرمز	النمط المناخي	طاقة التبخر / النتج بوصة	القيمة الفعلية لدرجة الحرارة سم
A	حار	أكثر من ٤٤,٨٨	أكثر من ١١٤,٥
B ₄	معتدل } B	٣٩,٢٧ - ٤٤,٨٨	٩٩,٧ - ١١٤,٥
B ₃		٣٣,٦٦ - ٣٩,٢٧	٨٥,٥ - ٩٩,٧
B ₂		٢٨,٠٥ - ٣٣,٦٦	٧١,٢ - ٨٥,٥
B ₁		٢٢,٤٤ - ٢٨,٠٥	٥٧,٠ - ٧١,٢
C ₁	بارد } C	١٦,٨٣ - ٢٢,٤٤	٤٢,٧ - ٥٧,٠
C ₂		١١,٢٢ - ١٦,٨٣	٢٨,٥ - ٤٢,٧
D	تندلر	٥,٦١ - ١١,٢٢	١٤,٢ - ٢٨,٥
E	مستقيح	أقل من ٥,٦١	أقل من ١٤,٢

التركز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة

بما أن طول اليوم يكون ثابتاً إلى حد ما في شهور السنة المختلفة، وحيث أن درجة الحرارة قليلة التغير، فإن الاختلافات الفصلية في طاقة التبخر/النتح تكون قليلة جداً في المنطقة الاستوائية. ولذلك فإن التبخر/النتح في أي ثلاثة أشهر متتالية تكون مساوية ٢٥٪ من طاقة التبخر/النتح السنوية. ومن جهة أخرى فإن فصل النمو في المناطق القطبية يكون قصيراً وه حصوراً في أشهر الصيف الثلاثة، ولذلك فإن طاقة التبخر/النتح في تلك الأشهر تساوي ١٠٠٪ من الطاقة السنوية، وبين هذين الحدين، فإن طاقة التبخر/النتح تتناقص من المناخات الحارة إلى المناخات المتجمدة (E) وأن الجزء الذي يكون متركزاً في فصل الصيف يتزايد بالاتجاه نفسه من ٢٥٪ إلى ١٠٠٪. ويبدو أن التركيز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة متناسب بصورة عكسية مع لوغاريتم طاقة التبخر/النتح السنوية، كما يظهر من المعادلة الآتية.

(التركز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة = $157,76 - 66,44 \times \text{لو طاقة التبخر/النتح السنوية (بوصة)}$)

كما يمكن أن يحسب التركيز الصيفي من العلاقة بين طاقة التبخر/النتح في الصيف والطاقة السنوية.

حيث:

التركز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة =

$$100 \times \frac{\text{طاقة التبخر/النتح في فصل الصيف}}{\text{طاقة التبخر/النتح السنوية}}$$

وبناء على ذلك ميز «ثورنتويت» بين أربعة أنماط مناخية رئيسية كل منها تحتوي على نسبة معينة من التركيز الصيفي، وهذه الأنماط المناخية هي كالآتي تبعاً لقيمة التركيز الصيفي (جدول: ١-٥).

هذا ومن الممكن أحياناً أن نجد التطابق مفقود ما بين النمط المناخى الناتج من التركيز الصيفي والنمط الناتج من الفاعلية الحرارية السنوية. فمثلاً نجد أنه في سان فرانسيسكو تبلغ طاقة التبخر/النتح فيها نحو ٢٧,٠٩ بوصة، ونسبة التركيز الصيفي تعادل ٣٣,٣٪، فالمناخ فيها يكون حاراً (a)، بينما يكون من النمط المعتدل الأول (B١) بالنظر إلى فاعلية الحرارة السنوية، وسان فرانسيسكو مثال للمناخ البحرى.

جدول رقم (١-٥)
التركيز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة
والأنماط المناخية لثورنثويت عام ١٩٤٨

الرمز	النمط المناخي	التركيز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة %
a	حار	أقل من ٤٨.٠ %
b	معتدل ٤	٤٨.٠ - ٥١.٩
b	معتدل ٣	٥١.٩ - ٥٦.٣
b	معتدل ٢	٥٦.٣ - ٦١.٦
b	معتدل ١	٦١.٦ - ٦٨.٠
c	بارد ٢	٦٨.٠ - ٧٦.٣
c	بارد ١	٧٦.٣ - ٨٨.٠
d	تندار	أكثر من ٨٨.٠

وتجدر الإشارة هنا إلى أن ثورنثويت قام في عام ١٩٥٥ بتقنيح تصنيفه الجديد لعام ١٩٢٨، مدخلاً بذلك عليه بعض التغييرات الطفيفة، ذلك أن عنصر التعويض المائي تغير درجته من مكان إلى آخر تبعاً لكمية الرطوبة الفصالية في التربة والتي يلعب التبخر دوراً كبيراً في تحديد كميتها ولهذا أعطى الغطاء النباتي ونوع التربة أهمية في ذلك وألقى عنصر التعويض، بحيث أصبحت معادلته لحساب معامل رطوبة مكان ما، على الشكل التالي:

$$\text{معامل الرطوبة} = \frac{\text{المياه الزائدة} - \text{المعجز في المياه}}{\text{طاقة التبخر} / \text{النوع}} \times 100$$

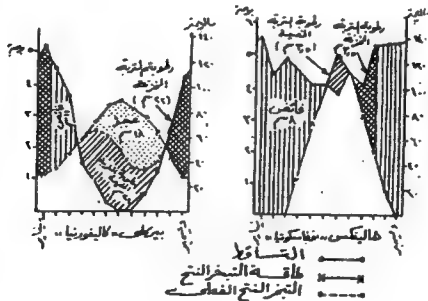
وهذا ما أدى إلى حدوث تغيير في حدود أقاليمه المناخية (أقاليم الرطوبة) بحيث أصبحت على الشكل التالي (جدول: ١-٦).

جدول رقم (١-٦)

معامل الرطوبة وطاقة التبخر / النتج والأنماط المناخية المرتبطة بهما

معامل الرطوبة	النمط المناخي	طاقة التبخر / النتج (سم)	النمط المناخي (فاعلية الحرارة)
١٠٠ فأكثر	رطب جدا A	أكثر من ١١٤	A
٢٠ - ١٠٠	رطب (B ₁ -B ₄)	٥٧ - ١١٤	B ₁ -B ₄
٢٠ - صفر	شبه رطب C ₂ (مائل للجفاف)	٢٨,٥ - ٥٧	C ₁ - C ₂
صفر إلى ٢٣	شبه رطب C ₁ (مائل للرطوبة)		
٢٣ - ٦٧	شبه جاف D	١٤,٢ - ٢٨,٥	D
٦٧ - ١٠٠	جاف E	أقل من ١٤,٢	E

ومما لا شك فيه أن حساب التوازن المائي لمنطقة ما يعطى الدليل الصحيح عن امكانات تلك المنطقة الاقتصادية (شكل ١-٣).



(شكل رقم ١-٢)، توازن الرطوبة في بعض محطات العالم حسب مفاهيم ثورنتوايث

يتضح من العرض السابق لتصنيف «ثورنثويت» أنه يعطى وزناً أكبر للأحوال السائدة في فصل الصيف، حيث أن قيمة طاقة التبخر/ النتج تزداد زيادة كبيرة إذا ارتفعت درجات الحرارة، بينما تصل طاقة التبخر/ النتج إلى الصفر، إذا انخفضت درجة الحرارة إلى درجة مئوية واحدة، ومعنى هذا أن الصيف هو مركز الثقل في النتائج النهائية بخاصة في العروض المعتدلة حيث ترتفع حرارة الصيف في حين تنخفض حرارة الشتاء انخفاضاً كبيراً إلى ما دون الصفر. ومن عيوب هذا التصنيف أنه في المناطق التي يسقط مطرها في الصيف إذا قورنت كمية المطر بكمية التبخر/ النتج فإن العجز سيكون قليلاً لأن المطر يزداد في الوقت نفسه الذي تزداد فيه كمية التبخر/ النتج وبذلك يقل العجز أو ينعدم.

وتبدو المناطق ذات المطر الصيفي أكثر رطوبة في حقيقتها تبعاً لمفاهيم ثورنثويت كما هي الحال في شرق الولايات المتحدة الأمريكية. وعكس هذا تماماً يحدث في مناطق ذات المطر الشتوي، إذ أن الحرارة ترتفع في فصل الصيف، وترتفع قيمة التبخر/ النتج تبعاً لذلك، بينما لا يوجد مطر، وهذا يؤدي إلى زيادة العجز المائي وبالتالي تبدو المناطق ذات المطر الشتوي أكثر جفافاً من حقيقتها.

ومقارنة تصنيف كوبن مع تصنيف ثورنثويت، نجد أن كوبن يعتقد أن القيمة الفعلية للمطر تكون أكثر إذا سقط في فصل الشتاء عندما تنخفض الحرارة ويقل التبخر والعكس صحيح. بينما نجد أن ثورنثويت يعتقد أن المناخ يكون رطباً إذا تهافتت هضبة الحرارة المرتفعة مع فصل المطر الغزير، أو بمعنى آخر أن المناخ يكون رطباً إذا سقط فيه لمطر عندما تشتد الحاجة إليه. غير أنه مهما قيل عن تصنيف ثورنثويت وما به من عيوب فإنه لا شك يتفوق على تصنيف كوبن ومعظم التصنيفات المناخية الأخرى، إذ أنه يعطى قيمة مستمرة فوق سطح الأرض للحرارة والرطوبة، علاوة على أنه ينتج عنه أقاليم عديدة على حين يعطى تصنيف كوبن ثلاثة أقاليم فقط في حالة الرطوبة.

وبالإضافة إلى ما سبق فإن العناصر التي أعتمد عليها ثورنثويت في تصنيفه تعطي فكرة واضحة عن التوازن المائي، كما توضح بجلاء درجة الكفاية المانبة للمحاصيل الزراعية، وذلك من خلال تحديد كمية الفائض المائي والعجز في كمية المياه، وهذا يساعد على معرفة درجة التعويض في مناطق المطر الفصلي وبالتالي مدى قدرة نجاح زراعات معينة في فصل الجفاف تبعاً لدرجة التعويض. ومهما يكن من أمر فإن فكرة التوازن المائي التي وضعها ثورنثويت تعد من الأركان الهامة في الدراسات الهيدرولوجية الحديثة كما تعد أساساً للقيام بأى تخطيط اقتصادى زراعى.

من هذا العرض والمعارنة بين بعض التصنيفات المناخية، يتضح لنا أنه لا يوجد تصنيف واحد متكامل يفي بجميع الأغراض التي يطلبها الجغرافيون. فمن حجاج إلى تصنيف بسيط مثل تصنيف كوبن، وتصنيف يعتمد على عناصر المناخ بالتفصيل مثل تصنيف ثورنثويت. وتصنيف غير معقد بحيث يعطي نتائج دقيقة مثل تصنيف بيلي غير أن أحداً لم يتوصل حتى الآن إلى مثل هذا التصنيف المتكامل. إلا أن الأمل مازال معقوداً لتحقيق هذا الهدف في المستقبل إذا استمرت الدراسات المناخية في تقدمها في هذا الفرع من فروع علم المناخ.

وبناء على العرض السابق لأسس التصنيف المناخي وطرقه والتصنيفات المناخية المشهورة يتضح لنا أن أنواع المناخ المختلفة (شكل رقم ٤: ١) هي نتيجة لبطء الحرارة والرطوبة وتوزيعاتهما الفصلية (شكل رقم ٥: ١) وما يرتبط بذلك من غطاء نباتي طبيعي. وتبعاً لذلك فإنه يمكن أن نقسم العالم إلى أربعة أقاليم مناخية رئيسية تنقسم كل منها إلى أقاليم مناخية فرعية مميزة وذلك على النحو التالي.

أقاليم العالم المناخية

أولاً، الأقاليم الإستوائية والمدارية،

وهذه تتميز بارتفاع درجة الحرارة طوال العام، كما أنها تخضع لسيطرة الكتل الهوائية الإستوائية والمدارية. وتشمل هذه الأقاليم كل المناطق الواقعة بين نطاقى الضغط المرتفع فيما وراء المدارين ونطاق الضغط المنخفض الإستوائي ونطاق هبوب الرياح التجارية الشرقية. وأهم الظواهر المناخية لهذه الأقاليم هي شدة الإشعاع الشمسي طوال العام. ويشمل هذا النوع من الأقاليم الأتية:

١- المناخ الإستوائي أو المدارى الدائم الممطر.

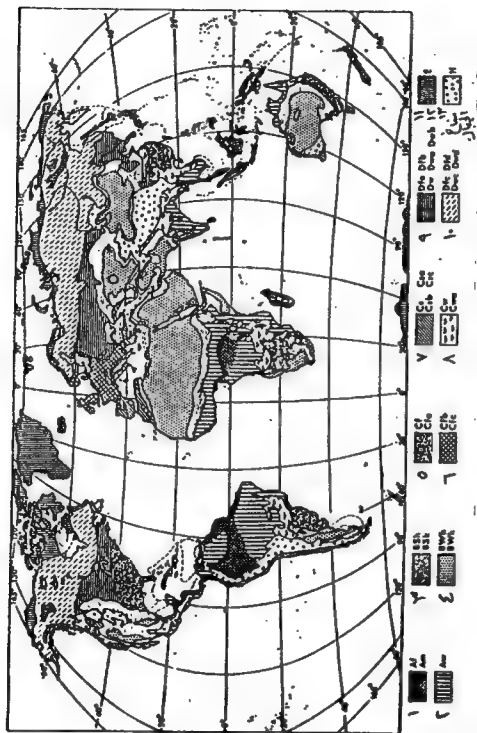
٢- المناخ المدارى ذو الفصل الجاف.

٣- المناخ الموسمي.

٤- المناخ المدارى الجاف وشبه الجاف.

ثانياً، الأقاليم دون المدارية والمعتدلة،

تتمثل هذه الأقاليم في العروض الوسطى في نصفى كوكب الأرض والتي تتميز بتقابل الكتل الهوائية الدفينة بالكتل الباردة، وفصول السنة فيها توصف بأنها دفيئة أو باردة أكثر من كونها رطبة أو جافة. كما تتميز بالتغيرات الحرارية من فصل لآخر

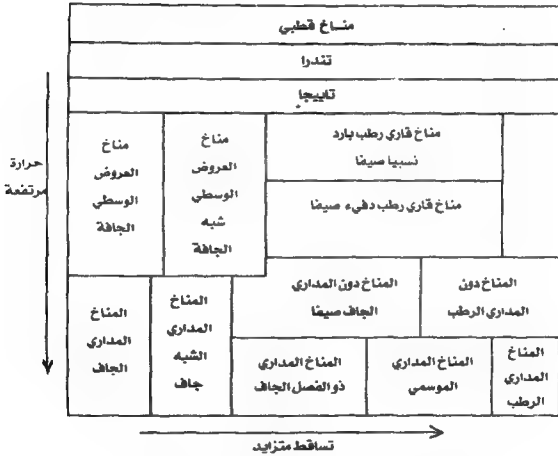


شكل رقم ١-٤ (توزيع الأقاليم المناخية في العالم) الأرقام تدل على الأنواع

المناخية الواردة في مئين هذا الفصل).

وكذلك بكثرة الأعاصير التي تسبب الأمطار. ويسيطر على هذه الأقاليم الكتل الهوائية القطبية القارية والبحرية. ويشمل هذا النوع المناخى الأقاليم الفرعية الآتية:

- ٥- المناخ دون المدارى الجاف صيفاً.
- ٦- المناخ دون المدارى الرطب. ٧- المناخ البحرى.
- ٨- مناخ العروض الوسطى الجاف وشبه الجاف.
- ٩- المناخ القارى الرطب الدافئ صيفاً.
- ١٠- المناخ القارى الرطب البارد نوعاً صيفاً.



(شكل رقم ١٠-٥) العلاقة بين التساقط والحرارة وتوزيع الأقاليم المناخية

ثالثاً، أقاليم المناخ البارد،

أهم خصائص هذا المناخ هو البرودة نتيجة لإختلافات فى الخصائص الحرارية والتساقط، كما أن أقاليم هذا المناخ تقع تحت تأثير الكتل الهوائية الباردة لقربها من القطب. وأنواع هذا المناخ ثلاثة وهى:

١١-المناخ دون القطبى (التابيجا)

١٢- التندرا.

١٣- المناخ القطبى.

رابعاً، الأقاليم التي يسيطر عليها عامل الارتفاع (مناخ المرتفعات)

يسود هذا النوع من المناخ فى المناطق الجبلية العظيمة الارتفاع مثل السلاسل الجبلية الالتوائية (جبال الروكى والانديز، الهيمالايا والألب) ومايتصل بها من هضاب وسلاسل ألبيه حديثة . وأهم خصائص هذا النوع من المناخ هو تنوع نطاقاته على الجبال ويتوقف ذلك على إرتفاع الجبال ومواقعها بالنسبة لدوائر العرض ونظام التضاريس المحلية .

والتقسيم السابق يعتمد كما هو واضح اعتماداً كبيراً على درجة الحرارة والتساقط وتوزيعها الفصلى وعلاقة ذلك بالغطاء النباتى الطبيعى، وعلى الرغم من أن مثل هذا التقسيم يعتمد تحديده على عمليات حسابية دقيقة تحدد العديد من الأنواع المناخية الفرعية إلا أنه يساعدنا على التعرف ودراسة أنماط المناخ الرئيسية مما يؤكد وجود نسق أو نظام لأنواع المناخ على سطح كوكب الأرض.

الفصل الثاني

المناخ التفصيلي

المناخ التفصيلي

مقدمة:

لقد ناقشنا في الجزء الأول من هذا المؤلف «الأصول العامة في الجغرافية المناخية - مبادئ وأسس نظرية، أنماط المناخ العام على مقياس كوكب الأرض من خلال علاقة المناخ العام Microclimate بالظروف القياسية التي تتعرض لها أية منطقة بهدف التقليل من آثار البيئة المحلية بتفاصيلها الدقيقة إلى أقل ما يمكن، وكان استعراضنا لأهم العناصر المناخية التي لها أهمية كبيرة في كافة مظاهر البيئة العامة، والتي تنظم خطوطها العامة. ويعد ذلك الاستعراض منطلقاً لدراسة مدى تأثير البيئة بتلك العناصر جملة وتفصيلاً، غير أنه بالنسبة لمعظم القضايا التطبيقية في الجغرافية المناخية فإن معرفة المناخ العام لم تعد كافية، ذلك أن المعدلات التي يعتمد عليها المناخ العام لا تعطي صورة دقيقة لما هو موجود فعلاً في الطبيعة، حيث أنها تهمل كثيراً من التفاصيل المهمة التي لها آثاراً واضحة على حياة النبات والإنسان والحيوان، خاصة وأن المعلومات التي يقدمها المناخ العام هي نتائج قياسات أجهزة الرصد الموضوعة على ارتفاع ١.٥ متر فوق مستوى سطح الأرض، إلا أن الظروف الجوية في المدى المحدود الذي يوجد فوق سطح التربة له أهمية كبيرة من الناحيتين النظرية والتطبيقية، وليس المقصود من ذلك أن المناخ التفصيلي يهتم بدراسة هذا المجال المحدود، بل نجده يتعدى ذلك بكثير في المحلات العمرانية والحقول الزراعية.

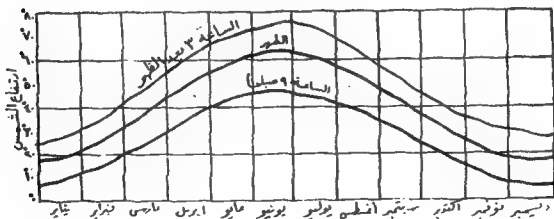
ومن المعروف الآن أن الاختلافات في الظروف المحلية يمكنها أن تخلق مناخات متميزة ضمن المناخ العام السائد؛ ففي نهار حار، يمكن أن تتضح الصورة لو قارنا الحالة فيما إذا كنا سائرين على سطح اسفلتي في منطقة حضرية بالحالة التي تبدو أثناء وقوفنا على أرض عشبية. فالانعكاس والامتصاص والسعة الحرارية وصفات طبيعية أخرى في البيئة المتنوعة تلعب كلها دوراً رئيسياً في تحديد المناخ التفصيلي Microclimate السائد. فدراسة مناخ المدن أو مناخ التجمعات السكنية، ومناخ الغابات والمزارع مهما قل حجم كل منها. ومناخ سطح التربة، ومناخ أي وحدات مكانية لها ظروف محلية (الوادي، الجبل) كل ذلك يدخل ضمن دراسة المناخ التفصيلي. حيث يهتم المناخ التفصيلي بدراسة الأحوال المناخية التفصيلية لمساحات صغيرة ومحدودة، وذلك على مستوى المجال المتأثر بتفاصيل معالم سطح الأرض الطبيعية والبشرية المتباينة.

ويعد الكتاب الذى نشره Geiger لأول مرة عام ١٩٢٧ بعنوان «المناخ قرب سطح الأرض The Climate Near the Ground»، والذى أعيد طبعة عدة مرات، ونقل الى أكثر من لغة، من أهم ما كتب عن المناخات التفصيلية رغم قدمه.

وفى هذا الفصل سنعالج العناصر المناخية الأكثر أهمية فى المناخات التفصيلية واختلافاتها باختلاف الظروف المحلية للمنطقة، وما له من أهمية فى الجوانب التطبيقية المختلفة.

١- الإشعاع، سطوع الشمس، والحرارة:

تتأثر كمية الأشعة الشمسية وشدةها التى يتلقها سطح جسم ما بزاوية سقوط هذه الاشعة الى ذلك الجسم. ففى نصف الأرض الشمالى مثلاً، نرى أن المنحدرات المواجهة للشمال تتلقى كمية من الأشعة أقل بكثير من تلك التى تتلقاها المنحدرات المواجهة للجنوب. فالمنحدر المواجه للشمال فى منطقة تقع على دائرة عرض ٥٠ درجة شمالاً، اذا ما كانت درجة ميل هذا المنحدر تزيد عن ٤٠ درجة، فإنه لا يتلقى أية أشعة شمسية مباشرة خلال فترة فصل الشتاء. وحتى أثناء فترة فصل الصيف فإن الأشعة الشمسية لا تسقط مباشرة على ذلك المنحدر إلا فيما بين الساعة التاسعة صباحاً، والثالثة بعد الظهر (شكل رقم ٢-١). ولقد استخدمت هذه المعرفة استخداماً ناجحاً فى قيام بعض الزراعات، وهذا ما يتضح فى وادى الرايز حيث تقوم مزارع الكروم على المنحدرات الشديدة الميل المواجهة للجنوب والجنوب الغربى. ذلك أن ما يتلقاه سطح أفقى من الاشعاع الشمسى فى تلك العروض لا يكفى لنجاح زراعة هذا المحصول.



(شكل رقم ٢-١)

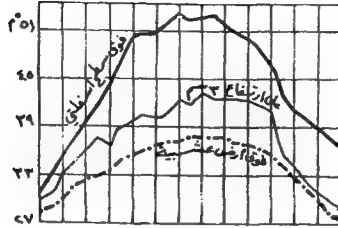
ارتفاع الشمس عند درجة عرض ٥٠ شمالاً. أثناء الظهيرة والساعة ٩ صباحاً و٢ بعد الظهر

وبالإضافة إلى درجة الانحدار ودائرة العرض، فإن كمية الظل من الأجسام المحيطة تكون هامة أيضاً، ففي مدينة ذات شوارع ضيقة، نجد أن نمط الاشعاع يكون متبايناً ما بين شارعين في اتجاهين مختلفين، أحدهما ذو واجهة شرقية - غربية، والآخر ذو واجهة شمالية - جنوبية. وهكذا فإنه من الضروري معرفة الكثير من التفاصيل عن البيئة المحلية لمعرفة التباينات بين ظلالها والمناخية. ويمكن أن تتم قياسات الاشعاع، إما بالقياس المباشر بالأجهزة المتوفرة، أو من خلال السجلات الخاصة بمحطة محلية بعد إجراء التعديلات بالوسائل الممكنة^(١). ومن المعروف أنه في بعض المناطق التي تتداخل فيها المحاصيل الزراعية بالأراضي الشجرية، فإن التوزيع الطبقي للأشعة يتغير بواسطة امتصاصه وانعكاسه من قبل المادة النباتية.

ويعتمد سطوح الشمس على نفس العوامل التي تتحكم في الاشعاع، والتي أشرنا سلفاً إليها. إلا أنه يجب أن نشير هنا إلى أن بعض الأحياء لها حساسية لطول موجات معينة من الطاقة الإشعاعية، تختلف عن تلك التي يتأثر بها نظر الإنسان.

وعلى الرغم من الارتباط الوثيق بين الحرارة والطاقة الإشعاعية، إلا أنها تختلف عن سطوح الشمس والضوء. وتتميز الحرارة في أنها تنتقل أفقياً مع كتل الهواء المتحركة، من منطقة شحنتها الإشعاعية أقل إلى منطقة ذات شحنة إشعاعية أكثر وتغيرات الحرارة: أفقياً أقل من تغيرات الاشعاع وذلك بفعل انتقال الحرارة السابق ذكره. وعند ظواهر نسيم البحر والبحر، ورياح الفوهن، والرياح الهابطة من الأمثلة من اختلافات الحرارة من الظروف المحلية. كما أن الظروف المحلية نفسها تؤثر على مدى فاعلية تلك الظواهر، فقد نجد مكان لا يبعد سوى كيلو مترات قليلة إلا أنه لا يتأثر بنفس الظواهر، وذلك بسبب تغير الظروف المحلية. وتنتقل الحرارة من مكان إلى آخر: «شرق» بعدة، بالتوصيل، أو بالاشعاع، أو بالحركات الهوائية. ويختلف التبادل الحراري ما بين سطح الأرض والهواء الملاصق له باختلاف حالة هذا السطح، وهذا ما يتضح فيما لو قارنا درجة الحرارة عند السطح وعند ارتفاع معين بالنسبة لسطحين أحدهما مغشى بالأسفل، والآخر يغطيه غطاء عشبي أخضر وذلك أثناء النهار، والفارق بين حرارة السطح وارتفاع ٢ سم عن السطح بلغ قرابة ٣٢°م بالنسبة للسطح السفلي، وقرابة ١٢°م فوق الأرض العشبية (شكل رقم: ٢-٢).

(١) يمكن حساب قيمة الاشعاع الشمسي المباشر الواصل إلى سطح الأرض بالعلاقة التالية:
 الاشعاع المباشر العمودي على سطح الأرض = الثابت الشمسي × لوط (معامل امتصاص الجو × طول مسار اشعاع الشمس في الغلاف الغازي).
 حيث لوط = اللوغاريتم الطبيعي.



(شكل رقم ٢٠٢)

تناقص الحرارة مع الارتفاع فوق سطحين
احدهما مغطي بالأسفلت والاخر مغطي بالعشب

كما وتختلف حرارة طبقة الهواء القريبة من سطح الأرض على مدى مقدرة التربة على توصيل الحرارة الى الهواء، فإذا كانت قدرتها قليلة فإن سطح التربة يكون شديد الحرارة لاحتفاظه بمعظم أشعة الشمس التي يستقبلها. ولقد أجرى «جيجر» دراسة لمكان قريب من مدينة ميونيخ بالمانيا لحصر عدد الأيام التي تزيد حرارتها عن ٢٥ م على ارتفاعات مختلفة من سطح الأرض، فتبين له ما يلي:

الارتفاع عن سطح الأرض (سم)	عدد الايام التي تزيد حرارتها عن ٢٥				
	ايار	حزيران	تموز	أب	أيلول
١٥٠	٥	٨	١٩	١٤	٩
١٠٠	٦	٩	١٩	١٥	١٠
٥٠	٧	١٠	٢٠	١٧	١٠
٥	١٢	١٨	٢٥	٢٢	١٤

وحيث أن قدرة الهواء على توصيل الحرارة أقل من قدرة التربة، فإن التربة المسامية أقل قدرة على توصيل الحرارة من التربة غير المسامية، كما أن الأرض المحروثة أقل قدرة على توصيل الحرارة من الأرض غير المحروثة.

٢- الرطوبة الجوية والتبخّر،

تتأثر كمية بخار الماء المطلقة في الهواء بكمية المياه المتوفرة والممكن تبخرها. ففي المناطق الذبائية والسطوح المائية - إذا لم تكون النباتات في حالة ذبول - فان الرطوبة تكون أكبر مما هي عليه في المناطق الجرداء. وعلى كل حال، فان كمية

الماء المتبخره من النباتات أو ما يعرف بالنتح تعتمد على سلوك المسامات التي تكون أكثر نشاطاً في النهار منه في الليل. ذلك أن الماء المتبخر ينقص كثيراً في الليل إن لم يتوقف. وينحصر ماء الأرض الجاهز للتبخر في المستنقعات الطوية القليلة من التربة، وهذا طبعاً مصدراً آخر لبخار الماء بجانب المسطحات المائية والنباتات الخضراء.

ومهما كان مصدر بخار الماء، فإن لبخار الماء تأثير واضح على تبريد الهواء. ولذا فإنّه على الرغم من أن الهواء يكون أبرد فوق المناطق المغطاة بالنباتات والمسطحات المائية، إلا أن الرطوبة النسبية تكون أعلى أيضاً. أما فوق المناطق الجرداء نسبياً، فرغم أن تبخر ماء التربة يستهلك بعض من الطاقة الإشعاعية، إلا أنه يبقى هناك جزء كبير منها يكفي لرفع درجة حرارة سطح التربة إلى درجة عالية.

ومما تجدر الإشارة إليه، أنه رغم أن هناك كمية من الماء يمكن أن تتبخر، إلا أن الزيادة العامة في رطوبة الهواء الكلية تكون قليلة ما لم يحدث تحريك للهواء بسرعة منخفضة. وعندما تسود حالة ركود أو هدوء الهواء، فإن الرطوبة النسبية المرتفعة والتبريد الإشعاعي في الليل يؤديان إلى تشكل الشبورة Mist فوق الحقول الزراعية والمناطق الرطبة الأخرى. وفي حال بلوغ الرياح سرعة تقترب من ١٥ كم/ساعة، فيحدث عندها اختلاط بدرجة كبيرة للهواء السفلي بالهواء العلوي، ونشر الرطوبة على مجال أوسع، مما يجعل تزايد الرطوبة النسبية محدوداً.

٢- حركة الهواء والتساقط:

لقد ذكرنا سلفاً أن سرعة الرياح تزداد بالارتفاع عن سطح الأرض لأن عوائق السطح تقل أو ينعقد تأثيرها، كما ويمكن أن ينعكس اتجاه الرياح أو يحدث تحول في اتجاه هبوبها بسبب مواجهة النبات أو حاجز تضاريسي شديد الانحدار. ومن الواضح أن عدد حالات ركود الهواء تقل مع الارتفاع، وتكون سرعة الرياح أشد أثناء النهار منها في الليل. ويحد الغطاء النباتي شأنه في ذلك شأن العوائق الأرضية الأخرى من سرعة الرياح، ويزداد سمك طبقة الهواء التي تتأثر بهذا العامل كلما ازداد ارتفاع النبات عن سطح الأرض، كما هي الحال في أراضي الأشجار العالية. والجدول التالي يوضح اختلاف سرعة الرياح في مستويات من طبقة نباتية.

الارتفاع (سم)	سرعة الرياح (م/ث)	
١٠	١,٠	بين جذوع الأشجار
٥٠	٣,٧	عند تيجان الأشجار
١٨٠	٩,٣	فوق مستوى الأشجار

وتلعب سرعة الهواء دوراً هاماً في كثير من فروع علم المناخ التطبيقي، فهي تؤثر على تطبيق الرطوبة الجوية، ودرجة الحرارة، خاصة حرارة السطح الذي يحدث منه التبخر حيث يتم التبريد، كما تؤثر على التساقط. ولقد اشار جيغر Gieger، أنه بالنسبة للتل - وهو بروز غير مرتفع بشكل يكفي لاحداث تحويلات ثرموديناميكية - فإن المنحدر المواجه للرياح يتلقى كمية مطر أقل من الجانب المعاكس للرياح، لأن سرعة الرياح تزداد على الجانب المواجه للرياح وخاصة عند قمة التل، أما على الجانب الآخر للتل فإن سرعة الرياح تقل، ولذا فإن قطرات الماء تحمل بعيداً بواسطة الرياح الشديدة السرعة على الجانب المواجه حتى تصل إلى الجانب الآخر حيث الرياح أقل سرعة، ومن ثم يزداد سقوط قطرات الماء، وهذا طبعاً عكس ما يحدث على النطاق الاقليمي. والأدلة على ذلك كثيرة فالثلج الساقط يزداد على جوانب الكتل الصخرية والأشجار والمباني غير المواجهة للرياح.

وهناك فرق كبير بين الأمطار الساقطة على أراضي غابية وتلك الساقطة على أراضي مجاورة خالية من النباتات. ففي داخل المنطقة الغابية قد يستمر سقوط المطر مدة زمنية أطول من مدة سقوط المطر الحقيقية، ذلك أن ماء المطر يستغرق فترة طويلة حتى يتمكن من اختراق المظلة التاجية. حيث يتخذ عندها شكل قطرات كبيرة تسقط من الأوراق، أو تنساب بشكل جريان مائي منحدر على أغصان الأشجار وجذوعها حتى تصل سطح الأرض. وحتى يتم تقدير كمية المطر الساقطة بشكل دقيق في أراضي شجرية، يجب وضع مقياس المطر فوق المظلة التاجية، ويتحول الماء المتجمع عبر انبوب الى وعاء موضوع عند مستوى الأرض. وعلى الرغم من أن طريقة القياس هذه تعطي صورة دقيقة عن كمية التساقط المطري الفعلية، إلا أنها لا توضح حالة التساقط المطري ضمن الأشجار الغابية.

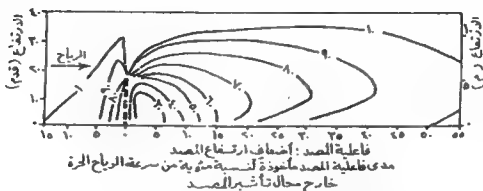
التعديلات المناخية

لقد تمكن الانسان من تعديل الظروف المناخية في مناطق صغيرة نسبياً. وذلك بخلق ظروف مناخية جديدة أكثر ملائمة من الظروف السائدة فيها طبيعياً، ويتم ذلك من خلال تطبيق الطرق الخمسة التالية: ١- مصدات الرياح، ٢- تقليل كمية التبخر، ٣- التساقط الاصطناعي (استمطار السحب)، ٤- الوقاية من الصقيع، ٥- الببوت الزجاجية. وسنناقش فيما يلي الطرق الأربعة الأولى، أما الطريقة الخامسة فسيتم الحديث عنها في فصل آخر من هذا الكتاب.

١- مصدات الرياح،

تعد محاولة الوقاية من الرياح المؤذية بإقامة حاجز واق (مصد) أولى المحاولات

التي أوجدها الإنسان لتعديل ظروف الطقس . ولقد اثبتت تلك المحاولات فاعليتها في ضبط الثلج المنجرف، والتقليل من ضغط الرياح على الأجسام الواقعة على مسافات معينة من أقرب مصدر، كما أنها تحد من انجراف التربة وسفى الرمال .
وتتناسب فاعلية المصدر (الواقى) طردياً مع ارتفاعه (شكل رقم: ٢-٣) ، فإذا كان



(شكل رقم: ٢-٣) مدى فاعلية مصدات الرياح

ارتفاع حزام الاشجار H فإن المسافة التي يظهر تأثيره خلالها في خفض سرعه الرياح تعادل 40 مرة ارتفاع الاشجار $(H \times 40)$ ، في حين نجد أنه لمسافة تبلغ خمسة أضعاف ارتفاع المصدر $(H \times 5)$ تسود تقريباً حالة من الركود الهوائى، مع وجود بعض الحركات الدوامية الدورانية (شكل رقم: ٢-٤) . وبالطبع، فإن فاعلية الحزام الواقى تكون أكبر فيما اذا كان بشكل زواية قائمة مع اتجاه الرياح السائدة . ولهذا السبب يجب معرفة الاتجاه السائد للرياح فى الموقع المراد وقايته .



(شكل رقم: ٢-٤) عملية تشكل الدوامات الهوائية خلف المصدات

وإذا كان الحزام الواقى يقلل من سرعة هبوب الهواء، فإنه أيضا يؤدي الى زيادة الظل للمحاصيل القريبة منه . كما أنه يحدث تغييراً فى كمية التساقط خاصة فى حالة الامطار الآتية من الاتجاه السائد للرياح، كما يؤدي إلى تغييرات فى كمية المياه

المتبخرة من المحاصيل الزراعية والتربة - إلا أنه لا يمكن القول ما إذا كان الحزام بوجه عام سيسبب زيادة أو نقصاً في الكميات المتبخرة، إذ أنه قد يودى إلى الزيادة أحياناً، وإلى النقصان أحياناً أخرى حسب الظروف العامة السائدة سواء التي يخلقها وجود المصد أو الموجودة مسبقاً - ويمكن أن تستخدم الأحزمة الواقية لحماية مناطق محدودة - كالحقول أو البساتين - من خطر العواصف الثلجية ومن تراكم الثلج، ولذا يجب الأخذ في الحسبان الاتجاهات المحتملة التي تهب منها العواصف الثلجية أثناء إقامة المصد، وإلا فإن وجود الأشجار الواقية سيزيد من تراكم الثلج في أمكنة غير متوقعة.

ويمكن أن يستخدم الأشجار الواقية لتظليل المحاصيل الزراعية البانعة، وحمايتها من أشعة الشمس الشديدة والمؤدية خلال مراحل معينة من نموها، ومثل هذا التظليل يكون عملياً بالنسبة لمزارع الشاي والبن، غير أن بعض التجارب أشارت إلى أنه ليس ضرورياً. غير أن المصدات يمكن أن تستخدم كملاجئ للحيوانات وقت الحرارة الشديدة. ولقد أكدت التجارب التي أجريت على محاصيل راعية عدة أمنت لها الحماية بواسطة مصدات رياح إلى زيادة في الانتاج بنسب لا تقل عن ١٠ ٪. وتصل أحياناً إلى ٢٠ ٪ فأكثر.

٢ - تقليل كمية التبخر

ينجم عن التبخر فقدان كميات كبيرة من الماء إلى الجو، وهذا ما يوضحه المثال التالي؛ إن تبخر ٤٠ سنتيمتراً من الماء في السنة من بركة مساحتها عشرة آلاف متراً مربعاً يعني خسارة مقدارها ٤ آلاف متراً مكعباً. ولهذا كان من الضروري البحث عن طريقة ما لتقليل كمية الفاقد بالتبخر من المناطق التي تحتوى على فائض مائى عن حاجتها. وكانت فكرة تعويم السطح بطبقة من مركب أحادى الوزن غير ضار موضع نقاش منذ قرابة ٤٠ سنة مضت. إلا أنه في ٤٠ - ٤٥ سنة الماضية أجريت العديد من التجارب التي يستخدم فيها الكحول السئلى، وهو مزيج من الكربونات الهيدروجينية الثنائية والسداسية. ويعد هذا المركب غير ضار تقريباً، إلا أن توتر سطحه منخفض، حيث نجده يتحطم عند ضغط غير كبير نسبياً. وتبدو هذه الصفة الفيزيائية للمركب مشكلة حقيقية أكدت التجارب التي تمت في شرق أفريقيا، حيث لوحظ تكسر القشرة الكيميائية عندما زادت سرعة الرياح عن ٥ كيلومتر/ساعة فوق مستوى ٣٥ سنتيمتراً من سطح الماء. ولكي يحافظ على المحلول من عدم التكسر ينبغي رشه باستمرار بالكبروسين. غير أن تغير اتجاه هبوب الرياح مشاكل إضافية، حيث يجب تغيير مكان الرش ما لم يكن الرش شاملاً كل محيط البركة. ويسبب تكلفة المركب الكيميائى فإنه

من غير المرغوب فيه اقتصاديا للرش فوق المحلول، إلا في حال الضرورة، بالإضافة إلى أن ازدياد الضغط على السطح الجانبي يسبب ضياع المسحوق مما يستوجب اشراقاً دائماً على عملية الرش من قبل أشخاص متدربين تدريباً كافياً.

ولقد أكدت تجارب العملية التي تمت على أحواض تبخر صغيرة في الطبيعة، أنه بالإمكان توفير قرابة ٧٠٪ من الماء الممكن فقده بالتبخير، إلا أن التجارب الحقلية التي تمت على مسطحات مائية كبيرة تقدر التوفير بعشر الرقم السابق تقريباً. وهكذا يمكن القول أن الطريقة السابقة عملية في حال السطوح المائية الصغيرة التي تصل مساحتها إلى ألف متر مربع، حيث يمكن التقليل من سرعة الهواء باقامة مصدات رياح، إلا أنه في المسطحات الكبيرة يلزم استخدام بعض المواد الكيميائية ذات التوتر السطحي الأكبر.

٢- التساقط الاصطناعي (استمطار السحب):

ليس شرطاً أن يحدث التساقط في حالة وجود سحب في السماء، ذلك أنه كثيراً ما نرى سحب في السماء من أنواع مختلفة إلا أنها غير ممطرة. ولذا فقد قامت محاولات عديدة بهدف اسقاط الأمطار من تلك السحب. ويتم ذلك بإدخال نويات اصطناعية إلى السحب المناسبة مما يساعد على اطلاق السحب لمحتواها من الماء. ولقد ذكر ماسون (Mason ١٩٥٧)، أن العجز في العوامل الملائمة للتساقط في بعض السحب يمكن أن تعالج ببدرها (حفنها) بثاني أكسيد الكربون الصلب، أو بأيود الفضة، أو بقطرات ماء، أو بنويات هيجروسكوبية كبيرة (كملاح الطعام). فثاني أكسيد الكربون الصلب أو أيود الفضة ينتجان بلورات جليد، حيث يقومان بدور نويات نجمد، بينما تقوم قطرات الماء أو النويات الهيجروسكوبية - كما في بودة الملاح الناعمة الجافة - بعمل نويات تكاثف. ولقد أثبتت النويات الهيجروسكوبية فاعليتها في السحب الدافئة، تلك السحب التي تكون درجة حرارتها فوق درجة التجمد.

وهناك طرق عديدة تستخدم لحقن السحب بالنويات المختلفة، ومن هذه الطرق:

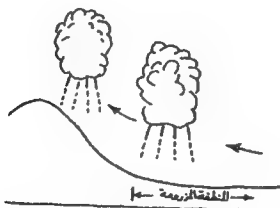
أ - استخدام مواقد نارية: مما يجعل الهواء الساخن يصعد للأعلى حاملاً الجزيئات المحقون بها.

ب- استخدام قنابل حرارية موقوتة تطلقها الصواريخ بحيث تنفجر تلك القنابل عند قاعدة السحابة أو بقربها. والسبب الذي دعى إلى اختيار قاعدة السحابة لكي يتم عندها انفجار القنابل الحرارية الحاملة للنويات، هو أن التيارات الصاعدة تكون نشيطة هناك بشكل يسمح لجزيئات الحقن بالدوران ضمن جسم السحابة.

ج- يمكن أن يتم حقن السحب مباشرة بواسطة الطائرات.

ويعد استخدام الطائرات من أفضل الطرق حيث أن لها ميزات حسنة، حيث أن المشرف على عملية الحق يتأكد من أن إطلاق الجزيئات تم في المكان الصحيح. وتختلف نتائج هذه الطرق بسبب صعوبة الحكم عما إذا كانت عملية الحقن قد سببت التساقط، أو إذا ما كان المطر سيسقط بشكل طبيعي. ولهذا يجب إخضاع نتائج التجارب للتحليل الإحصائي للحكم على دقة النتائج. فبعض التجارب أثبتت حدوث زيادة في كمية التساقط، بينما البعض الآخر لم تظهر تغيرات مهمة في التساقط، حتى لنجد تجارب أخرى كان محصلتها حدوث تناقص. ويوجه عام فإن نسبة الزيادة في كمية التساقط نتيجة عملية الحقن لا تزيد عن ١٠٪ في أحسن الأحوال.

ولقد أظهرت التجارب التي تمت في شرق أفريقيا إلى أن عملية الحقن أدت إلى تسريع عملية التساقط بحدود ١٠ دقائق في حالة السحب التي على وشك البدء في التساقط. ولعملية التسريع هذه أهمية كبرى عندما تكون نتيجتها حدوث التساقط فوق السهول المزروعة بدلا من حدوثه فوق الجبال غير المزروعة (شكل رقم: ٥-٢).



(شكل رقم: ٥-٢)

تسريع سقوط الأمطار ببيذرويات التكاثف في السحب

٤ - الوقاية من الصقيع

تمة نموذجان من الصقيع؛ الصقيع الإشعاعي، والصقيع الانتقالي Advection. ويحدث الصقيع الإشعاعي (أو ما يعرف بالصقيع الأبيض) في حالة السماء الصافية والجو الجاف والهادئ، حيث تفقد الأرض والهواء حرارتهما بالإشعاع إلى الفضاء أثناء الليل البارد. أما النموذج الثاني من الصقيع وهو الصقيع الانتقالي - والذي يعرف بالصقيع الأسود - فيحدث في حالة انخفاض درجة الحرارة إلى ما دون درجة التجمد نتيجة مرور كتلة هوائية باردة فوق منطقة ما.

ويحدث الصقيع الانتقالي على مقياس المناخ العام، ولذا فإن جهود الإنسان صده والوقاية منه لم يكتب لها النجاح. أما في حالة الصقيع الاشعاعي، فهناك طرق متعددة للوقاية منه، ومن هذه الطرق: (١) بما أن الشرط الرئيسي لحدوث مثل هذا الصقيع هو وجود سماء صافية خالية من السحب مما يساعد على فقد كبير للحرارة، لذا فإن السحب الاصطناعية من الدخان مثلاً يمكن أن تكون بمثابة مظلة تغطي المنطقة المراد وقايتها، مما يحد من الفاقد الحرارى ويمنع حدوث الصقيع. وتستخدم هذه الطريقة الكيروسين الدخاني الرخيص، وذلك بحرقه فى أواني دخانية حيث تغطي المنطقة موضع الحرق المستمر بسحابة دخانية سوداء - رمادية. (٢) مادام التبريد الاشعاعي يتمركز بالقرب من مستوى سطح الأرض، وبما أن درجة الحرارة عند مستوى ٢٠ متراً تقريباً فى الجو تكون أكبر، حيث يشير هذا الوضع الى طبقية ثابتة للجو، فالهواء الأبرد فى الأسفل والهواء الأكثر حرارة فى الأعلى. لذا يجب إحداث عملية مزج اصطناعى عن طريق اسقاط الهواء الحار فى الأعلى، وذلك باستخدام مراوح ضخمة تقوم بخلط دائم للهواء الحار العلوى مع الهواء الأبرد الأسفل بحيث يمكن ذلك من تدفئة الطبقات فى الأسفل ويمنع حدوث الصقيع. (٣) حيث أن الهواء السطحي والنبات يفقدان الحرارة عن طريق الاشعاع، لذا فإنه من الممكن استخلاص الحرارة من مصادر أخرى وتزويد الهواء السطحي بها مما يمنع حدوث الصقيع واحدى الطرق المجربة حالياً، تقوم على رش النباتات بعطرات ماء دقيقة. وبما أن سطح النباتات يكون أقل حرارة بسبب الفاقد بالاشعاع، لذا فإن قطرات الماء الدقيقة تتكثف ومن ثم تنطلق الحرارة الكامنة فى تلك القطرات أثناء تكاثفها، وعندما تتجمد تلك القطرات فإن الحرارة المنطلقة تزداد. ويجب أن تلفت الانتباه الى المخاطر التى تنجم عن استخدام كميات غير محددة من الماء، اذ يمكن أن يتشكل الجليد بكثيرة بحيث يصبح سميكا مما يسبب تجمد النبات أو إعاقه نموه بشكل كامل. وهناك طريقة أخرى يتم فيها استخدام الأواني الدخانية التى تقوم بخشر الحرارة بسبب هبوب الهواء. ويمكن باستخدام بعض اشكال من مصدات الرياح أن تزيد فاعلية هذه الطريقة. (٤) أما الطريقة الرابعة، فهى طريقة فعالة، وتتم بتغطية النباتات بقلنسوات أو ستائر مصنوعة من البلاستيك، أو من مواد مشابهة. ففى الليالى الهادئة تقوم هذه الستائر بدور دروع تمنع الاشعاعات الحرارية طويلة الموجة الصادرة عن الأرض من العبور خارجها حافظة بذلك درجة الحرارة أعلى بمقدار ١.٦ - ٣.٦م مما لو لم يكن هناك ستائر. وفى النهار فإن تلك الستائر تسمح للاشعاع الشمسى بعبوره مسببة ارتفاع درجة الحرارة تحتها. ونتيجة لدرجات حرارة الستارة أثناء الليل البارد والنهار الحار، فيجب أن لا يكون النبات مغطى بشكل مباشر مع تلك الستائر.

الفصل الثالث

الظواهر الجوية في وادي النيل
وجنوب غرب آسيا وطرق توقعها

الظواهر الجوية في وادي النيل وجنوب غرب آسيا وطرق توقعها

العوامل العامة المؤثرة في مناخ وادي النيل وجنوب غرب آسيا

بعد التوقع الجوي أحد المهام الرئيسية المرتبطة بعلمى المناخ والأرصاد الجوية، والتوقع الجوي هو محاولة معرفة ظواهر الجو قبل حدوثها بمدة تختلف من بضع ساعات الى عدة أيام. وقد تمتد فترة التوقع بعنصر من عناصر المناخ مثل المطر خلال موسم بأكمله. وقد نجح علماء الأرصاد في ذلك الى حد بعيد، وكان لهذا النجاح قيمته العملية في أعمال الطيران والملاحة البحرية في السلم والحرب، وفي الزراعة والصناعة، إضافة الى الفائدة اليومية العامة المتمثلة في التعامل مع الظروف والأحوال الجرية بالشكل المناسب، كما أن للتوقع الجوي قيمته العلمية في الكشف عن كثير من أسباب تقلبات الجو، واستنباط قوانين طبيعية من جو الأرض نفسه مما لا يمكن مشاهدته أو دراسته داخل المعامل.

وتتمثل عملية التوقع الجوي في أبسط صورها في أمرين: أولهما معرفة ما سيكون عليه توزيع الضغط الجوي بعد فترة معينة، لأن الضغط الجوي دائم التغير، وثانيهما معرفة أو تحديد خصائص كتل الهواء Air masses التي تلازم التوزيع الجديد في طبقات الجو المختلفة وخاصة عند سطح الأرض. فاذا أريد معرفة الطقس غداً مثلاً فإن أول الواجبات تتمثل في محاولة معرفة ما سيكون عليه التوزيع العام للضغط الجوي في ذلك اليوم، لأن توزيع الضغط الجوي هو المحدد الأول لحركة الهواء، ثم يأتي بعد ذلك حصر ما يلازم الكتل الهوائية التي تهب خلال فترة معينة وتفاعلاتها مع بعضها البعض على الارتفاعات المختلفة. ويجب دائماً أخذ المؤثرات العامة في كل موسم في الحسبان كما يجب أن تكون هناك فكرة واضحة عن مناخ المنطقة. فمن المعروف أن مما يساعد على نجاح التوقعات الجوية الخبرة المحلية والمران والتتبع الدائم لظواهر المناخ، ثم تطبيق أسس علمى المناخ والأرصاد الجوية على كل ما نشاهده من ظواهر مناخية ومحاولة تفسير هذه الظواهر على أسس علمية صحيحة.

وتعد أهم المؤثرات العامة التي تتدخل بشكل مباشر في مناخ وادي النيل وجنوب غرب آسيا عموماً التوزيعات الآتية للضغط الجوي.

- ١ - انخفاض الهند الموسمي Seasonal Depression of India في فصل الصيف .
- ٢ - انخفاض السودان الموسمي Seasonal Depression of the Sudan في كل من فصلي الربيع والخريف .
- ٣ - ارتفاع سيبيريا Siberian High Pressure الشتوي .
- ٤ - الذبذبات المرجبة في كل من الغربيات العليا في حوض البحر المتوسط أو شرقيات السودان العليا .
- ٥ - التيارات العليا النفاثة Jet Streams وإزاحاتها، سواء المدارية منها أو الاستوائية .

انخفاض الهند الموسمي

يحتل انخفاض الهند الموسمي جنوب القارة الآسيوية^(*)، في فصل الصيف ويمتد إلى أثيريوبيا وشمال شرق السودان في شرق أفريقيا، فتتدفق إلى هذه البقاع جميعا تيارات من الهواء الرطب عبر المحيط الهندي وتصل إلى اليابسة بعد أن تكون قد عبرت آلاف الكيلو مترات فوق المحيط وتشبعت بأبخرة المياه فتعطي المطر الموسمي . ويمتد أثر هذا الانخفاض أيضاً إلى مصر وشرق البحر المتوسط غربا، حيث تصبح الدورة العامة للرياح السطحية أغلبها شمالية، وحيث يستقر الجو في شرق البحر المتوسط لعدم غزوه بالانخفاضات في هذا الفصل، فلا تصله إلا بقايا الجبهات الباردة أو الجبهات الملازمة للانخفاضات التي تغزو شرق أوروبا . وتوفر هذه الجبهات مع ما يلزمها من هبوط دائم خلال طبقات الهواء العلوى حالات تولد الانفلايات الحرارية العليا وخاصة عندما يستقر الجو تماماً في شهرى يوليو وأغسطس . وهذه هى أهم ظروف ازدياد رطوبة الجو السفلى وتكوين السحب الطبقيّة والضبّاب في الصباح على شمال مصر عامة والدلتا خاصة، مما يعوق حركة الطيران أحياناً .

وفي منطقة شمال الخليج الغربى كثيراً ما تثير هذه الرياح الشمالية الرمال والأترية عندما تشد سرعتها بنشاط الانخفاض الموسمي أو بازدياد انحدار الضغط الجوى من هذه المنطقة صوب مركز الانخفاض من آن لآخر .

انخفاض السودان الموسمي

يعد هذا الانخفاض مركزاً لتجمع أنواع هواء مختلفة، كما أنه يتميز بأنه كثير

(*) يبدأ ظهور هذا الانخفاض في أواخر فصل الربيع في صورة تجمعات للانخفاضات العرضية الأتية من الغرب واستقرارها على هضاب جنوب آسيا وإيران . ويتم ظهور الانخفاض في أوائل فصل الصيف عندما يلمح إلى هذا التجمعات مركز انخفاض السودان الموسمي متأثراً في ذلك بحركة الشمس الظاهرية وظاهرة جذب الهضاب لمناطق النجم أو الانخفاضات الجوية النشطة .

التذبذب أو التحرك، وهو يتبع في ذلك تحركات الشمس الظاهرية وجذب الهضاب له - وعموماً فإنه يمكن تقسيم حركة هذا الانخفاض الى نوعين من التذبذبات: الأولى هي تلك الإزاحة العامة التي يعانيها مركز الانخفاض من هضبة البحيرات في أفريقيا إلى شمال الهند وإيران ثم عودته بالتالى على مرّ ام. أما الحركة الثانية فتمثلها سلسلة من الإزاحات أو التذبذبات الصغيرة التي تخرج مركز الانخفاض من آن لآخر صوب الشمال أو الجنوب عن مساره السنوى. ويمكن تتبع هذه الإزاحات الصغيرة خاصة في فصلى الربيع والخريف اذ تبدو واضحة في كثير من الأحيان. وأهم المناطق الحساسة لها شمال البحر الأحمر الذى يغطى عادة وفي مثل هذه الأحيان بذراع من الضغط المنخفض الخفيف الممتد من مركز الانخفاض الموسمى الى شمال البحر الأحمر. وأهم علامات تذبذبات الانخفاض صوب الشمال هيبوط الضغط الجوى فى ذراع الانخفاض الممتد الى شمال البحر الأحمر وامتداد هذا الذراع الى شرق البحر المتوسط مع ظهور تيارات من الهواء الجنوبي الشرقى أو تولدها فى تلك البقاع.

وتعرف هذه التيارات الهوائية أو الرياح أحياناً باسم «أذيب» وذلك لسخونتها الظاهرة. وأهم الجبهات التى تفصل تيارات الهواء الرئيسية التى تغزو جنوب غرب آسيا ووادى النيل فى فصلى الربيع والخريف جبهتان: جبهة مدارية وهذه تفصل تيارات البحر المتوسط عن الهواء القارى وكثيراً ما تتولد على هذه الجبهة الانخفاضات الصحلة الصحراوية، ومنها «انخفاضات الخماسين» التى تكون عميقة ونشطة أحياناً، وجبهة استوائية تفصل الرياح التجارية عن تيارات المحيط الهندى أو الأطلسى الممطرة بعد عبورها خط الاستواء وظهرها فى صورة رياح موسمية جنوبية الى جنوبية غربية.

عواصف الرعد فى منطقة البحر الأحمر،

يتميز مناخ جنوب غرب آسيا بظاهرتين هامتين أثناء فصلى الانتقال عندما يتركز انخفاض السودان الموسمى على شمال شرق السودان، الأولى هي عواصف الخماسين وما قد يصحبها من إثارة الرمال والأتربة، والثانية هي تولد حالات من عدم الاستقرار الجوى يصحبها فى كثير من الأحيان حدوث الرعد والمطر والسيول المحلية. وعند ابتداء الخريف تهبط سرعة الرياح على جنوب غرب آسيا عموماً وخاصة الرياح الشمالية، وتصبح فى شهر نوفمبر متغيرة تكاد تهب من جميع الاتجاهات، وتتهبأ الظروف لتكون الضباب فى الصباح المبكر، كما تصل حالات ضغط الهواء أكثرها

على مر العام. وعندما يبدأ ظهور التيار الجنوبي الشرقي على مناطق البحر الأحمر من آن لآخر، ويتبع ظهوره تذبذبات انخفاض السودان الموسمي صوب الشمال. ويهب هذا التيار في صورة لسان من الهواء الساخن يندفع رويداً إلى الشمال الغربي حتى يغمر شرق البحر المتوسط، كما يهب إلى شمال وغرب هذا اللسان تيار من الهواء البارد نسبياً من البحر المتوسط. وتظهر الانخفاضات الجوية عند سطح الانفصال بين هذه الكتل الهوائية.

انخفاضات قبرص الجوية

تعد انخفاضات قبرص الجوية من الانخفاضات التي تتركز قرب جزيرة قبرص أو عليها وتحدث من النشاط ما يثير الجو في جميع أرجاء شرق البحر المتوسط إلى العراق شرقاً وإلى السودان جنوباً، ويكرر ظهور هذه الانخفاضات خلال الفترة الممتدة من أواخر الخريف إلى أواخر الربيع، ويصحب تكونها حدوث الرياح العاصفة والأنواء والأمطار الشتوية، خصوصاً على البحر وقرب الشواطئ، وتنتشر الرمال المثارّة في الداخل، وقد تحدث عواصف الرعد أيضاً مع أمواج شديدة من البرد. وتبلغ رداء الجو أقصاها في شبه جزيرة سيناء وشرق المتوسط (منطقة سوريا ولبنان وفلسطين) حيث يعم ضباب الجبال عندما تنساب إليها السحب الممطرة ويصبح الجو بصفة عامة غير مناسب لأعمال الطيران.

وأهم ما يميز انخفاضات قبرص الجوية تلك السلسلة من الجبهات الباردة التي نصحبها، والتي يمكن توقعها على خرائط التوقع الجوي وهي تتولد وتنشط نتيجة غزو أمواج من الهواء البارد الآتي من شرق أوروبا أو من روسيا لمنطقة شرق البحر المتوسط خلال أحزمة من الضغط العالي في الشمال، أما في طبقات الجو العليا فأن انخفاض قبرص يبدو كحوض من الهواء البارد. وتكثر الأمطار وتعم كلما انخفضت درجات حرارة الهواء البارد في طبقات الجو العليا أو تنساب إلى الجنوب، إذ يتبع ذلك أيضاً ازاحة مركز الانخفاض صوب الجنوب.

ويتم ظهور الانخفاض قرب جزيرة قبرص في الشتاء نتيجة عامل أساسي واحد هو اقتراب تيار شمالي قطبي من مؤخرة انخفاض ضحل ثانوي (أو في حالة الامتلاء). والذي يحدد حالة الجو في جنوب غرب آسيا على الخرائط السطحية هو طبيعة توزيع الضغط الجوي على منطقة البلقان وأواسط البحر المتوسط، فهناك توزيعان متباينان للضغط يجب التمييز بينهما وهما: الضغط الجوي المنخفض، ومعه

لا تتولد انخفاضات فبرص الجوية؛ والضغط الجوى المرتفع، وهذه هى الحالة الملائمة لتكون انخفاضات فبرص الجوية، حيث يساعد توزيع الضغط الجوى العام على تدفق الهواء من ارتفاع سيبيريا الشتوى الى مناطق جنوب غرب آسيا.

رياح الخماسين(*)

تعد الخماسين رياحاً جنوبية، ما بين الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية. حيث يتكرر هبوبها بتولد أو غزو الانخفاضات الجوية الصحراوية لمصر خلال الفترة الممتدة من أواخر الشتاء إلى أوائل الصيف. وتتميز هذه الرياح بأنها دفيئة أو ساخنة مقربة في العادة وشديدة الضباب أحياناً. كما أنها كثيراً ما تنشط فتثير الرمال، وتملأ الفضاء فتنفذ الى العيون وتتراكم في كل مكان ولا يصفو الجو إلا بعد دخول الهواء البارد نسبياً من مناطق البحر المتوسط. وهذه الصفات المغيضة لتلك الرياح هى عينها التى تعرف في مصر باسم «حالات الخماسين». وكثيراً ما يمدد تأثيرها الى شرق البحر المتوسط ثم الى شرق أوروبا، كما حدث مثلاً في ابريل عام ١٩٢٨ حين حمل التيار الخماسينى الشديدي رمال وادى النيل وصحراواته الى شواطئ البحر الأسود وأوكرانيا خلال موجه حرارية وجو مقبض ساد المناطق الممتدة من وادى النيل جنوباً الى بحر البلطيق شمالاً.

ويغيب حالة الخماسين في مصر عادة مرور موجات من الهواء البارد نسبياً تثير العواصف الرملية التى يتبعها أمطار متقطعة قرب الساحل، ولكنها لا تلبث أن تتلاشى أمام ظهور حالة جديدة من الخماسين. وهكذا تغزو البلاد موجات من الحر والبرد تجعل أعم مميزات موسم الربيع في مصر هذه التقلبات الجوية السريعة فتنتشر الانفلونزا وأمراض الأنف والحنجرة، كما أن الأتربة والتيارات الخماسينية نفسها تكون محملة بكثير من الكائنات الميكروسكوبية وأنواع شتى من البكتيريا التى تحملها الرياح الى ارتفاعات شاهقة تبلغ أحياناً عدة كيلومترات وتنقلها الى مسافات بعيدة من قطر إلى آخر. وقد تدفع هذه التيارات أيضاً بعض آفات الزراعة مثل الجراد الذى ينساق مع التيارات الجنوبية الشرقية التى تغذى انخفاضات الخماسين. وقد تتبع هذا التيار في بعض حالات الخماسين الحادة على مصر فوجد أن مصدره المحيط الهندى، أى أن بعض الهواء الساخن الذى يغزو مصر في مثل هذه الحالات قد يعبر جنوب الجزيرة العربية والبحر الأحمر وأجزاء من أثيوبيا والسودان.

(*) رياح الخماسين، Khamsin or Khamasin نهب على مصر على مدى حوالى الخمسين يوماً من منتصف مارس (وأصل الكلمة عربى مشتق من كلمة خمسين).

وعادة كان يحل موسم الحرائق في قرى مصر بدخول الربيع، وظهور حالات الخماسين. ويتسبب عن هذه الحرائق خسائر جسيمة في الأرواح والأموال. ومن المعروف أن أغلب هذه الحرائق سببها التغيرات الفجائية التي تحدث في اتجاه الرياح عند دخول الهواء البارد محل الهواء الخماسيني الساخن. ويكون الجو أثناء موسم الخماسين عرضة للتغيرات العنيفة وخاصة من حيث الحرارة والرطوبة، إذ تبلغ درجة الحرارة أقصاها والرطوبة أدناها (إلى ما يقرب من الجفاف) ^{١٠} هبوب التيار الخماسيني، ثم تصل درجة الحرارة أدناها والرطوبة أقصاها بدخول الرياح الشمالية الآتية من البحر المتوسط. وعادة تكون المدن والمناطق الساحلية أقل جهات مصر تعرضاً لمثل هذه التغيرات. ولا تخلو رياح الخماسين من بعض الفوائد، فإن دودة القطن مثلاً لا يلائمها الجو الخماسيني الحار بقدر ما يلائمها الجو البارد الرطب، وتكون خير ظروف محاربتها وإبادة نها هي حالات الخماسين.

وفي بعض حالات الخماسين المصحوبة بعواصف الرمال أثناء النهار يسود جو مكفهر غير مألوف إذ قد يحمر لون الأفق ويخيم معه الظلام، كما حدث في القاهرة في ١٠ مارس عام ١٩٤٦ ثم في الاسكندرية في فبراير عام ١٩٥٥. ويلعب تشتت الضوء وامتصاصه خلال طبقات الهواء المترية أو المحملة بالرمال دوراً هاماً في هذه الظواهر الضوئية كما أن حبات الرمال تكون محملة بشحنات كهربائية يصحبها تفريقات وشرارات خافتة تعوق أعمال اللاسلكي.

وتنشأ حالات الخماسين بوجه عام إما نتيجة نشاط انخفاض السودان الموسمي ونحركه صوب الشمال حيث يغزو التيار الجنوبي الشرقي الحار الذي يلازمه مناطق شرق البحر المتوسط، أو بظهور الانخفاضات الجوية على الصحراء. وأهم مميزات الجو التي تسبق هذه الحالات هي: سرعة هبوط الضغط الجوي، وارتفاع درجة الحرارة، وتكاثر السحب العالية، وازدياد سرعة الرياح العليا إلى أكثر من ٧٠ كيلومتراً في الساعة، ويكون اتجاهها من الغرب فوق ارتفاعات تزيد على ٣ كيلومترات من السطح، كما تدرر الرياح مغزاية من جنوبية شرقية إلى جنوبية فجنوبية غربية في الطبقات السطحية. وعادة يتميز توزيع الضغط الجوي عند السطح قبل تولد الانخفاضات المحلية بتركز حزام من الضغط الجوي المرتفع نسبياً على شرق البحر المتوسط أو وسطه مع هبوب تيارات أغلبها شرقية جنوب هذا الحزام، كما قد ينساب في أعلى طبقة التروبوسفير على ارتفاع أكثر من ١٢ كيلو متراً تيار نفاث يحدث التجمع اللازم لتولد الانخفاض.

ويمكن أن يفصل سطح الانفصال المداري المشار إليه فيما سبق في مثل هذه الحالات بين نوعين من الكتل الهوائية التي تختلف درجة الحرارة قرب سطح الأرض فيها اختلافاً كبيراً، يربو على ١٥ درجة مئوية أثناء النهار في كثير من الحالات،

وتتكون الانخفاضات الصحراوية على هذا السطح تحت هذه الظروف وتتوقف حدة الانخفاضات على فروق درجات الحرارة، بسبب أن عمليات التكاثف تكون محدودة لقلة تبخر المياه عموماً.

طرق التوقع (التنبؤ) الجوي

التوقع الجوي أو التكهّن بما ستكون عليه حالة الجو في إقليم خلال فترة معينة، أما أن يكون قصيرة المدى فيمتد من عدة ساعات إلى يوم أو يومين على الأكثر، وأما أن يكون طويل المدى فيزداد فترته عن ذلك كثيراً وقد تصل إلى شهر أو فصل بأكمله.

وفي العادة يعني لفظ «طويل المدى» Long-Term Forecasting، كما يستعمل في توقعات الطقس المألوفة امتداد التوقع خلال مدة أطول من تلك التي تشملها توقعات الطقس الروتينية العادية التي تعدّها مكاتب الأرصاد، إلا أن طريقة معالجة المسألة من وجهة النظر العلمية تختلف اختلافاً يجعل من المنطق أن تقسم عمليات التوقع الجوي إلى ثلاثة أقسام هي:

١- توقعات قصيرة المدى Short-term forecasting وتمتد من عدة ساعات إلى يومين على الأكثر. ٢- توقعات قصيرة المدى Medium-term forecasting وتمتد من ثلاثة إلى ستة أيام. ٣- توقعات طويلة المدى Long-term forecasting وتشمل فترات أطول من ذلك بكثير.

وكثيراً ما شغلت مسألة التوقعات طويلة المدى أذهان الناس، خصوصاً أبان الحروب وعند تحديد مواسم الزراعة ونحوها.

وعموماً فإن هذا الموضوع كان ولا يزال من أوسع مجالات البحث. وقد بلغ من الاتساع والشعب درجة تنافرت معها أبحاث العلماء في هذا الصدد، اللهم إلا جانباً من تلك الأبحاث التي اعتمدت على الطرق الاحصائية. وعبر العقود القليلة الماضية، كانت هناك حاجة ماسة للوصول إلى طريقة لحل هذه المشكلة أو المسألة عن طريق استخدام البيانات وجعلها أداة للتعبير عن الطقس بطرق معقدة، على أسس طبيعية، وأصبح هذا الأسلوب الاحصائي شائعاً بكثرة. وفيما يلي عرض موجز للوسائل الاحصائية، والطرق التي يستعان فيها بخرائط الطقس السطحية، ثم الطرق التي تستخدم فيها الأرقام والتمثيل بالرموز.

الوسائل الاحصائية

نظراً لتعدد العوامل الطبيعية ووفرة العناصر الجوية التي تدخل في تجديد الطقس، نفردنا الوسائل الاحصائية في النهاية إلى سلسلة من التعقيدات التي تزداد كلما حاولنا إيجاد حل كامل لمسألة الطقس، ولهذا السبب نجد أنه ليس غريباً أن نوجه معظم

المجهود الى جعل الجو يصف نفسه، وذلك عن طريق الفحص الاحصائي لعناصر الجو المتراكمة، وبخاصة العناصر السطحية التي تؤثر مباشرة على الانسان، مثل: درجة الحرارة والرطوبة والرياح والضغط الجوى والتساقط بأنواعه.

ومن أبسط الطرق الاحصائية وأهمها استخداماً تلك التي يحاول فيها القائم بالتوقع استنباط ما قد نسميه «دورات الطقس» Weather cycles، اذ يؤمن أغلب المتخصصين فى معظم دول العالم بوجود دورات فى طقس كل اقليم. ولقد حاول كثير من البحوث وضع البراهين والدلائل على صحة هذا الاعتقاد، وكل الذى أمكنهم اثباته وجود شبه دورات صغيرة المستوى، أصلها مبهم. وتمشياً مع هذه الفكرة بالذات وضع علماء ودارسو الطقس المصريون منذ عشرات السنين جداول خاصة بنوات الاسكندرية (أى عواصفها المطيرة وغير المطيرة) وسجلوا توارخها ومددها على النحو المبين فى الجدول التالى:

جدول النوات لتي تتناب جو الساحل الشمالي لمصر من منتصف فصل الخريف

حتى منتصف فصل الربيع

اسم النوة	صفتها	اتجاه الرياح وقوتها	موعداها	مدتها
المكنسة	مطريرة	شمالية غربية ٦-٨	٢٠ نوفمبر	٤ أيام
باقى بالمكنسة	مطريرة	شمالية غربية ٥-٦	٢٦ نوفمبر	يومان
قاسم	مطريرة - عواصف	جنوبية غربية ٦-٨	٤ ديسمبر	٤ أيام
باقى قاسم	مطريرة - عواصف	شمالية شرقية ٦-٧	١٠ ديسمبر	يومان
الفيضة الصغيرة	مطريرة - عواصف	شمالية غربية ٦-٧	١٣ ديسمبر	يومان
باقى الفيضة الصغيرة	مطريرة	جنوبية غربية ٦-٧	٢١ ديسمبر	يومان
عيد الميلاد	مطريرة	شمالية غربية ٦-٧	٢٤ ديسمبر	يومان
رأس السنة	مطريرة - عواصف	غربية ٦-٨	٣١ ديسمبر	يومان
الفيضة الكبيرة	مطريرة - عواصف	جنوبية غربية ٦-٨	٩ يناير	٥ أيام
الطاس	مطريرة - عواصف	جنوبية غربية ٦-٨	١٨ يناير	٥ أيام
الكرم	مطريرة - عواصف	شمالية غربية ٦-٨	٢٧ يناير	٦ أيام
باقى الكرم	مطريرة - عواصف	شمالية غربية ٦-٨	٣ فبراير	٧ أيام
الشمس الصغيرة	مطريرة - عواصف	شمالية غربية ٦-٨	١٤ فبراير	يومان
السلوم	مطريرة أحياناً	شمالية غربية ٦-٨	٤ مارس	يومان
الحسوم	مطريرة أحياناً - عواصف	شمالية شرقية ٦-٨	٨ مارس	يومان
باقى الحسوم	مطريرة أحياناً - عواصف	شمالية غربية ٦-٨	١٤ مارس	يومان
الشمس الكبيرة	مطريرة أحياناً - عواصف	شمالية غربية ٦-٨	٢٢ مارس	٣ أيام
الغوا	مطريرة أحياناً - عواصف	شمالية غربية ٦-٨	٢٩ مارس	٣ أيام
باقى الغوا	مطريرة أحياناً - عواصف	شمالية غربية ٦-٧	٢ إبريل	يومان

ونحن لا نستطيع أن نجزم بصحة هذا الجدول أو أمثاله مهما كان يمثل بعض الحقائق الإحصائية . ولقد درس فريق من العلماء بعض الدورات التي تتراوح مدتها بين بضعة أيام وعدة سنين، كما درسوا دورات الطقس الدائمة والمتقطعة جميعها وهذه الأخيرة هي التي تظهر معها موجات تستمر وقتاً «سناً» ثم تختلف لتظهر أخرى في الدورة نفسها، كما درسوا كذلك ظاهرة تغيرات الضغط الجوي الكثيرة التي تنشأ أو تحدث فوق بعض المناطق أو تهاجر إليها . وبالرغم من أنه لا يزال هناك كثير من الخلاف حول حقيقة أغلب هذه الظواهر إلا أن الغموض في هذا المجال أخذ ينقشع وأخذت الحقائق تنكشف لدرجة أنه صار من الصعب القول بأن تلك الظواهر لا تساعد على إيجاد حل جزئي للقضية، ومن ثم إضافة المزيد من المعلومات عن الطرق التي يعمل بها الجو أو التي تسلكها تقلباته .

وتمشياً مع فكرة الدورات الجوية أيضاً، يوجد اعتقاد آخر يؤمن به فريق من الباحثين فحواه أن التغيرات أو الدورات في طاقة الإشعاع الشمسي، بسبب ظهور البقع الشمسية ونحوها، تؤثر على عناصر الجو وتجعل التغيرات فيها تابعة لها، ولهذا انصب البحث أيضاً خلال فترة مضت على البقع الشمسية، ثم شملت تلك البحوث أيضاً كثيراً من الظواهر الشمسية الأخرى . والذي ثبت علمياً أن تغيرات النشاط الشمسي يصحبها بعد حين تغيرات في طبيعيات الأرض، مثل التغير في مجال الأرض المغناطيسي *Magnetic field of the Earth* وما يتصل به من ظواهر (*) .

وعلى أي حال فمن المسلم به علمياً وجود دورة مركبة لتغيرات البقع الشمسية، ومن ثم الثابت الشمسي، أي أن أرصاد النشاط الشمسي فيها ترابط زمني، أما أرصاد الجو السطحية ففيها شبه ترابط مكاني وآخر زمني، مما جعل من الصعب تقييم المعنى الإحصائي للنتائج . ورغم أن معرفة ما إذا كانت هناك علاقة بين تغيرات الإشعاع الشمسي والجو على سطح الأرض لها أهمية نظرية كبيرة، إلا أنه علينا قبل محاولة حل هذه القضية أن نتأكد أولاً من أن جو الأرض يظهر إلى حد ما درجة من النظام والترتيب في عملياته وتقلباته، وحتى إذا ما تأكدنا من ذلك يبقى علينا الوصول إلى طريقة للتنبؤ بالحوادث الشمسية .

وهناك من الأدلة ما يثبت أن دخول الأرض من أن لآخر وسط سرب كثيف من أسراب الشهب السابجة في الفضاء القريب، واحتراق ما يهوى منها في جو الأرض

(*) سنعرض لهذا الموضوع بالتفصيل عند دراسة التغيرات المناخية وبواعثها العلمية في الفصل الأخير من هذا الكتاب .

العلوى يعقبه حدوث التساقط الغزير المتواصل والفيضانات العالية لما توفره أو ما يدخر في الجو من نويات التكاثف *Condensation nuclei* التي هي رماد الشهب وأبخرتها بعد الاحتراق. ولقد أجريت الكثير من البحوث الاحصائية لايجاد معاملات الترابط بين هذه الظواهر الكونية وعناصر الطقس السطحية وتم بحث هذه القضية على نطاق كبير، واستخدمت فيها المتوسطات الشهرية لعناصر الجو، وقد أدى معظم هذه الأبحاث الى وجود ترابط عالمي بين العمليات الجوية، ولكن لم تنتج معاملات ارتباط كبيرة وثابتة إلى الحد الذي يجعل من الممكن استخدامها في أعمال التوقع الجوي بصورة ثابتة.

ومنذ أواسط القرن العشرين الماضي قام العلماء بفحص عناصر الجو في الطبقات العليا، وكذلك معدلات التغير في الضغط ودرجة الحرارة، وحصلوا على نتائج ذات قيمة احصائية لاتخلو من القيمة العملية. ولا شك أن القياسات الحديثة وخاصة قياسات الأقمار الاصطناعية قد مكنت من الحصول على زخم هائل من البيانات وكذلك مكنت من رؤية أكثر شمولاً فأمكن بذلك الحصول على صور وصفية وكمية لنوع الارتباطات المناخية الممكنة - ولعل أكثر ما ميز الوقت الحالي في هذا المجال هو التقدم الكبير في تكنولوجيا أجهزة الحاسب الآلي والتي تمكن من اجراء العمليات الرياضية والاحصائية لاعداد هائلة من القياسات بسرعة ودقة فائقين. يضاف إلى هذا عمليات التمثيل أو المحاكاة *Simulation models* والتي تعطي أفضل الفرص لتقدير العلاقات الإحصائية والرياضية واختبارها.

ومن أهم الظواهر التي تحدث في مناخ العالم، وتكاد تتميز بدورية معينة في التقويم السنوي، هبوب الرياح الموسمية مثل الخماسين في مصر، والرياح الجنوبية الغربية المطيرة في السودان وإثيوبيا ونحوهما، مما يمكن أن تكشف عنه المتوسطات الشهرية البسيطة لعناصر الجو.

ونحن اذا أردنا التوسع في هذا البحث، استطعنا أن نكشف عن كثير من الوحدات المناخية أو الفترات التي قوامها عدة أيام متتالية يصبح فيها عنصر من عناصر الجو بارزاً عن بقية العناصر، كالنهاية العظمى لدرجة الحرارة أو النهاية العظمى لسقوط المطر... ومن الوجهة العملية يمكن القول بأن المتوسطات المناخية الطويلة المدى - من ٢٠ إلى ٣٠ يوماً مثلاً - التي تخفى فيها معالم الحالات والظواهر قصيرة المدى والتغيرات العرضية، من الجائز اعتبارها أساساً يعتمد عليه في عمل التوقعات الطويلة المدى، إلا أن هذا لا يعنى بحال اهمال المستويات المناخية الأصغر، أو انكار قيمتها العلمية. بل انها لها دور كبير في الاستفادة منها بما تلقى من ضوء على التفاصيل الدقيقة لدورة الرياح العامة، وعلى دراسة الخرائط السطحية دراسة تفصيلية.

والآن بقی سؤال: هل هناك تغيرات فعلية في المناخ كما تعبر عنه المتوسطات أو الوسائل الاحصائية؟ وللإجابة عن ذلك نقول: أن المدة التي جمعت فيها أرصاد يمكن الاعتماد عليها تبلغ نحو ٢٠٠ سنة. وليس من شك أنه عندما نحسب المتوسطات لفترة تتراوح بين ٣٠، ٥٠ سنة مثلاً لمجموعة من العناصر في مكان معين، نجد أن هذه المتوسطات تتغير: بعض الشيء عندما تحسب فترة أخرى وأن تلك التغيرات حقيقية، فأما طار شمال مصر كما تمثلها محطات الأرصاد المحلية مثلاً، آخذة في النقصان تقريباً منذ بداية القرن العشرين، أو على الأقل عبر فترات طويلة خلاله. ولقد وجد المهتمون بمثل هذه القضايا في سائر أنحاء العالم أنه من الضروري أن نتوصل إلى أسباب في الفضاء أو في جو الأرض نعال بها هذه التغيرات المناخية، وحتى الآن لا تزال المعلومات شير كافية لشرح كل جوانب هذه الاختلافات رغم التقدم الكبير والقدرة على إجابة الكثير من الأسئلة المتعلقة بالظواهر والميكانيكيات المختلفة للجو والمناخ. إلا أنه يبدو أن العلاف الجوي قادر من تلقاء نفسه على تخليص نفسه من تلك التغيرات من غير تدخل عوامل خارجية.

طرق استخدام خرائط الجو السطحية

ان أقصى حد لفترة التي تشملها التوقعات السليمة المستنبطة من تحليل الخرائط السطحية أو ما يسمى خرائط الجو Weather Maps هو ذلك الذي يمكن أن تمتد إليه مجالات الضغط الجوي الواقعي والكتل الهوائية السائدة، ومن بعد ذلك سريعاً ما تدخل تعديلات وعوامل جديدة تلعب أدواراً هامة تغير الأوضاع. وقد كان هناك العديد من المحاولات التي أجريت من أجل امتداد هذا الحد مع استخدام خرائط الطقس. وأول هذه المحاولات ما قام به العلماء منذ عشرات المئين لتقسيم خرائط الجو السطحية على أساس إقليمي وبطبيعة الحال، فقد وجد أنه كلما زادت مساحة الاقليم زادت العقبات والتعقيدات. ووجد أنه بتركيز الانتباه على الدورة العامة وما يتبعها من ظواهر يمكن تقسيم بعض القارات كأوروبا الى عشرات الأنواع من الطقس السائد على سطح الأرض، ثم يدخل بعد ذلك البعد الثالث، أي طبيعة الجو الى ارتفاع خمسة كيلو مترات مثلاً. وبهذه الطريقة قسم فريق من العلماء خرائط الطقس السطحية المتجمعة خلال سئين عديدة إلى مجموعات، ثم حللوا النتائج التي حصلوا عليها تحليلاً احصائياً محاولين استنباط قواعد تنفيذ في أعمال التوقع متوسط المدى. ومما أفاد في هذا البصدد اجراء دراسات تفصيلية للتوزيعات المختلفة للضغط الجوي ودرجة الحرارة والرياح ونحوها التي تصاحب أنواعاً معينة من الطقس في مختلف الفصول.

ولعلنا نستطيع أن نتبين كثرة التعقيدات ووفرة العوامل التي تدخل في عمليات التوقع الجوي اذا ما عرفنا أنه بالرغم من المجهود العلمي الكبير الذي بذله علماء

ولعلنا نستطيع أن نتبين كثرة التعقيدات ووفرة العوامل التي تدخل في عمليات التوقع الجوى اذا ما عرفنا أنه بالرغم من المجهود العلمى الكبير الذى بذله علماء الأرصاد الجوية فى كافة فروع علم الطبيعة الجوية لم يصل أحد بعد إلى صياغة قواعد خاصة ثابتة أو منظمة يمكن الاعتماد عليها فى إجراءات التوقع الجوى طويل المدى. وما زالت محاولة الوصول إلى حل قضية التوقع متوسط المدى بطريقة تقسيم الطقس إلى صور وأنواع من المحاولات التي تحتاج إلى ادخال طريقة عملية تستبعد بها التغيرات الصغيرة أو الطارئة التي تحدث عند السطح.

ومن الطرق التي تسرعى الانتباه فى سهولتها طريقة التوقع بتطورات الجو السطحية بالاستعانة بنموذج أو نماذج سابقة لتوزيعات أهم العناصر، كالضغط الجوى والرياح مثلاً. ولما كان جزء كبير من ممارسة التوقع الجوى بواسطة الخرائط يعتمد على النماذج التي يرسمها المتنبئ فى ذهنة فإنه من المستساغ أن يجد احلال النماذج الواقعية محل التصور الذهني إقبالاً فى إجراءات التوقعات قصيرة المدى. ولعل من أهم الأسباب التي تدعو إلى ذلك أن هذا الاحلال يعد بمثابة احدى المحاولات برغم أنه فى الحقيقة لا يوجد أسلوب أكثر فائدة من استخدام النماذج، ويرغم أن الحصول على نموذج سطحي عظيم الشبه بالحالة التي يراد التكهّن بها، هى عملية من الصعوبة بمكان، ولا يمكن أن نصل فى هذا الصدد إلى درجة من الحقيقة الكاملة. وبذلك فإن احتياجنا لهذا الغرض عظيمة ودقيقة، أننا نريد أولاً التشابه التام فى توزيع الضغط الجوى، ثم التماثل فى خواص الكتل الهوائية فى الأبعاد الثلاثة مع توافر تناسب معقول بين الزمنين من حيث فصول السنة، هذا كله بالإضافة إلى أن النموذج السطحي هو نفسه تمثيل علمى غير كامل الاتقان للطقس السائد. ولهذا أدخل البعد الثالث، وأعدت نماذج للأجواء العليا زادت من دقة عمليات التوقع ووصلت بالتوقعات قصيرة المدى إلى درجة الاتقان فى كثير من البلدان.

طرق الرقمنة والمحاكاة Numerical methods and simulations

إن التفاعل المستمر ما بين طبقات الجو المختلفة، وتدخل عوامل جديدة من أن لآخر قد يزداد تأثيرها كثيراً، كل ذلك يدل على أن الحل العددي الدقيق لقضية اتوقع الجوى لا يمكن الحصول عليه بسهولة. وهناك على أية حال نجاح مضطرب فى الأوساط العلمية المهمة بهذا الأمر، حيث تتزايد القدرة على تصميم قضية التوقع لمدة ٢٤ ساعة بالطرق العددية التي تعتمد على الأسس الطبيعية باستخدام الحسابات الآلية يوماً بعد يوم.

وحتى الستينيات من القرن العشرين المنصرم كان التوقع قاصراً على تقدير التوقعات قصيرة المدى باستخدام الوسائل الحسابية. وكان مثل هذا التوقع مبنيًا على دراسة حالة الجو الراهنة، ولهذا ظهرت فكرة النماذج الجوية Weather Models - وكانت التغيرات البطيئة التي تطرأ على عناصر الجو تؤخذ في الحسبان، ولقد نجح التوقع الجوي باستخدام هذه الطرق كذلك في حالة التوقعات طويلة المدى. وفيها تؤخذ هذه التغيرات البطيئة كجزء أساسي من النظام. وكان هذا النوع يتضمن عادة تفاصيل الدورة الهوائية العامة. وكانت النماذج الجوية المستخدمة حينذاك تنقسم إلى نوعين رئيسيين: نوع يعالج موضوع التوقع بمجال الرياح مباشرة، ولهذا النموذج مزاياه من الوجهة الرياضية، أما النوع الثاني فهو يعالج التوقع بما ستؤول إليه حركة الرياح ودورانها في المستقبل. وفي كثير من الدول تم إنجاز بحوث عديدة من عدة عشرات من السنين على النوع الثاني. فمثلاً النموذج الذي فيه لا تتقاطع أسطح تساوي الضغط الجوي مع أسطح تساوي الكثافة له هو نوع بسيط يبني على إعادة توزيع طاقة الحركة دون نقص فيها أو زيادة. وهنا يمكن تحديد توريعات الضغط الجوي، كما أن التغير في طاقة الحركة يكون صغيراً بالنسبة إلى الطاقة ذاتها في مدى يوم أو يومين. وتمه كذلك دراسة النماذج التي فيها تتقاطع أسطح تساوي الضغط الجوي مع أسطح تساوي الكثافة وهي تتضمن تفاصيل جوية عديدة، كما تأخذ في الحسبان صفات الجو الديناميكية الحرارية، وبذلك تغطي التوقع بطرق انسياب الهواء في أكثر من مستوى. ويبدو أنه من اللازم ادخال عوامل طبيعية بالإضافة إلى التغيرات الذاتية، مثل العوامل المحلية، والاحتكاك، وتوزيع الغبار وبخار الماء، وما يتبع ذلك من عمليات الاشعاع.

وما زال هدف الدراسات العلمية حتى الآن هو صياغة المعادلات اللازمة لانجاز التوقعات الجوية، ويتطلب ذلك جمع الأرصاد على ارتفاعات معينة ومن أماكن متفرقة باستخدام كل وسائل القياس الممكنة بطريقة سريعة صالحة لادخالها في الحساب الآلي حيث يتولى عمليات المحاكاة والنماذج اجراء التمثيل البرامجي لها سواء كان ذلك بهدف فهم تأثيرات معينة أو المساعدة على التوقع بالظروف الجوية قصيرة أو طويلة المدى، ولعل هذا النوع من الحل الرياضي أو التمثيل الرياضي باستخدام أجهزة الحاسب الآلي المتطورة يمثل الآن جوهر دراسة المناخ والظواهر الجوية دراسة في المناخ التفصيلي. وكما سبق فان دور الأقمار الاصطناعية قد يكون في واقع الأمر بمثابة الثورة العلمية الأكبر في هذا المجال، وثنائجه المبهرة والسريعة التدفق والتقدم تخطو بخطوات سريعة وطفرة كبيرة نحو المزيد من الفهم والقدرة على التوقع (التنبؤ) الجوي بأنواعه.

الفصل الرابع

عناصر المناخ التطبيقي

عناصر المناخ التطبيقي

مقدمة،

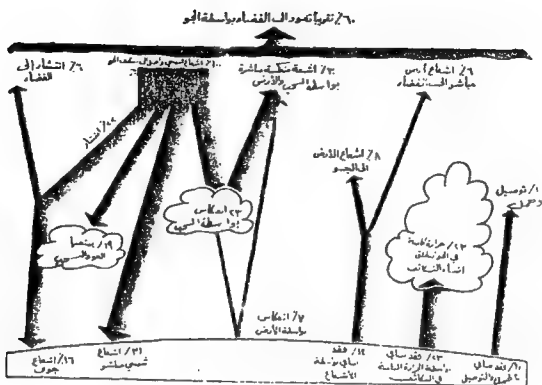
تمارس العناصر المناخية تأثيراتها على جوانب البيئة الطبيعية والبشرية. وتشمل هذه العناصر؛ الاشعاع، وفترة السطوح الشمسي، والسحب، ودرجة الحرارة، والتساقط، والرطوبة الجوية، وحركة الهواء (الرياح)، والتبخر. وعلى الرغم من أن تفاعل تلك العناصر مع بعضها يعطينا صورة واضحة عن حالة الجو السائدة، إلا أن فاعلية عنصر أكثر من غيره تفترض علينا البحث عن أسباب اختلاف الأحوال المناخية بين منطقة وأخرى. ولما كانت المؤثرات المناخية لا تبرز بصورة واضحة من خلال تركيبها، لذا فإن معالجة كل عنصر من العناصر السابق ذكرها نمكن من إيضاح العلاقة ما بين هذا العنصر والجانب المتأثر به من جوانب الوسط البيئي الطبيعي والبشري المختلفة. وفيما يلي عرض موجز لعناصر المناخ التي لها تأثير ملحوظ على حياة الإنسان وأنشطته.

١- الاشعاع

نعد الشمس هي مصدر كل أشكال الطاقة، سواء ما كان منها بشكل حفرى يتمثل في الفحم والنفط، أو ما كان منها بشكل حرارة مباشرة. وما درجة الحرارة، والضغط والكتل الهوائية، والتيارات المحيطية (البحرية) إلا شكل من أشكال اختلاف كمية الأشعة التي تنلقاها أجزاء سطح الأرض المختلفة. وإذا كانت كمية الأشعة التي يتلقاها الجو وسطح الأرض، وتلك التي يفقدها الجو وسطح الأرض، متوازنة خلال فترات طويلة من الزمن على مستوى المكان، فإن هناك اختلافات كبيرة على مستوى فترات زمنية محدودة - يوم أو حتى سنة - حيث يكون هناك وقت فيه مكسب إشعاعي، ووقت آخر تكون فيه خسارة إشعاعية، ففترة النهار وفترة الصيف تتميزان بأنهما عبارة عن فترتي الكسب الإشعاعي، بينما تتميز فترة الليل والشتاء بأنهما فترتي الخسارة الإشعاعية. وتختلف كمية الأشعة الشمسية التي تصل سطح الأرض ليس من وقت إلى آخر أثناء اليوم، أو من يوم إلى يوم، وإنما تختلف وتباین من موقع إلى آخر، ولهذه الاختلافات والتباينات تأثيرات كبيرة على درجة الحرارة وجملة العناصر المناخية الأخرى.

وحيث أن الأرض تبعد عن الشمس بمسافة تصل إلى ١٥٠ مليون كيلومتر في المتوسط، وكمية الأشعة التي تبعثها الشمس هي في الأصل ثابتة تقريباً، وما يتلقاه السنتيمتر المربع الواحد من سطح الغلاف الجوى للأرض يقارب من ٢ وحدة حرارية في الدقيقة الواحدة، وهذه الكمية ثابتة تقريباً أيضاً، إذ أن اختلافاتها محدودة جداً لا تتعدى $\pm 3\%$ ، وهذا يرجع إلى مدار الأرض الإهليلجى حول الشمس والذي ينجم عنه اختلاف فى بعد الأرض عن الشمس. إلا أن هناك عدة عوامل تحدد شدة الأشعة الشمسية، من أهمها زاوية ورودها إلى سطح الأرض، فكلما ازداد بعد الأشعة عن الوضع العمودى قلت شدتها، وفى المنطقة المحصورة بين المدارين فإن ميل الأشعة الشمسية عن الوضع العمودى يتراوح بين $27^{\circ} + 23^{\circ}$ و $27^{\circ} - 23^{\circ}$. وهذا كله يلعب دوراً كبيراً فى خلق تمايزات كبيرة فى شدة الأشعة فى المناطق الشديدة النضرس، والتي لها اتجاهات متعاكسة، بعضها نحو الجنوب والآخر نحو الشمال، وخاصة فى المناطق الواقعة خارج المدارين.

ومن المعروف أنه لا يصل إلى سطح الأرض سوى نسبة محدودة من قيمة الثابت الشمسى، ذلك أن عناصر الغلاف الجوى المختلفة من بخار ماء وقطرات ماء، وغبار، وغازات أخرى متعددة - كثنائي أوكسيد الكربون، والأوزون ... -، تمارس تأثيراتها على الأشعة الواردة إلى سطح الأرض. فجزء من الأشعة الداخلة إلى الجو يمتص من قبل بعض غازاته، وجزء ينتشر فى اتجاهات مختلفة، والجزء الآخر ينعكس باتجاه الفضاء، فى حين يصل ما تبقى إلى السطح (شكل رقم ١: ٤). فالسحب لها درجة عاكسية كبيرة، فى حين أن نسبة امتصاصها محدودة جداً لا تزيد عن ٥% من الأشعة التي تتلقاها، أما فى حالة السماء الصافية فإن نسبة الأشعة التي تصل سطح الأرض تقدر بحدود ٧٥% من الأشعة الواصلة إلى سطح الغلاف الجوى، ذلك أن نسبة من الأشعة تصنيع بالانتشار والامتصاص. وتعتمد عمليتى الامتصاص والانتشار على طول الموجات الاشعاعية، وعلى حجم المركبات الغازية فى الجو. فالموجات الاشعاعية لا تنتشر بدرجة متساوية، لأن الموجات الأكثر قصراً تكون أكثر تعرضاً للانتشار. وهذه الحقيقة توضح سبب انتشار الضوء الأزرق أكثر من الأحمر، وبالنسبة سبب زرقة السماء. ويقدر أن نحو ٦% من الأشعة الشمسية تنتشر عائدة إلى الفضاء من الجو. وإذا كان الأوكسجين والأوزون يمتصان الأشعة قصيرة الموجة التي طول موجاتها يتراوح بين ٠.٢ إلى ٠.٢٩ ميكرون، فإن لبخار الماء وثنائي أوكسيد الكربون دوراً كبيراً فى امتصاص الأشعة تحت الحمراء طويلة الموجة.



(شكل رقم ١٠ - ٤) الموازنة الاشعاعية

وتختلف شدة الأشعة المنبعثة من الشمس باختلاف طول الموجة - حسب قانون بلانك - وتصل شدتها العظمى في الفوتون الأخضر - الأصفر. كما يوضح قانون بلانك أن القدرة الاشعاعية لجسم ما تتناسب مع درجة حرارته. ويظهر قانون ستيفان بولتزمان Stefan Boltzman أن كمية الطاقة التي يشعها جسم أسود - حيث أنه يمتص كل الأشعة الكهرومغناطيسية الساقطة عليه - تتناسب مع القوة الرابعة لدرجة حرارته المطلقة^(١)، وهذا يعطى صورة توضيحية لسلوك الشمس والأرض كأجسام سوداء. وعليه فإن معرفة درجة حرارة الأرض في منطقة ما تمكن من حساب الكمية التقريبية للاشعاع الذي تبثه والتوزيع الطيفي لهذا الاشعاع. كما توجد علاقة بين درجة حرارة الجسم المشع وطول موجة النهاية القصوى للبث الاشعاعي؛ فالشدة العظمى لاشعاع الأرض يكون عند طول

(١) درجة الحرارة المطلقة هي درجة الحرارة المادية (مئوية) + ثابت كالفن وهو ٢٧٣

موجة ١٠ ميكرون، بينما الشدة العظمى لإشعاع الشمس يكون عند طول موجة يقارب من ٠,٥ ميكرون. وإذا كانت الأرض تشع كجسم أسود عند درجة حرارة ٣٠٠ كالفن، وبما أن طول موجات الأشعة التي تبثها يتراوح مداه بين ٣ - ٥٠ ميكرون، فإن هذه الأشعة الأرضية طويلة الموجة تلعب دوراً كبيراً في التوازن الإشعاعي الطويل الأمد في الجو. ومعظم الأشعة طويلة الموجة - الشمسية والأرضية - تمتص في الجو من قبل بخار الماء وثاني أكسيد الكربون وغطاء السحب، وتقوم هذه المواد بدور غطاء واقٍ للأرض أثناء الليل يحميها من البرودة، إلا أن هناك فوتونات إشعاعية لا تمتصها مركبات الجو ولذا فإنها ترتد نحو الفضاء الخارجي، وتعرف تلك الفوتونات بالتوافذ، وهي ما تقع ضمن مدى طول موجة يتراوح بين ٨ - ١٣ ميكرون، و ٤ - ٦ ميكرون. وينص قانون Kirchhoff أنه عند درجة حرارة معينة فإن نسبة القوة الامتصاصية إلى القوة الانبعاثية لطول موجة معين يكون واحداً في كل الأجسام، ولذلك فإن الجسم الماص بشكل جيد هو في الوقت نفسه جسماً مشعاً بشكل جيد .. والعكس صحيح. وتحتل الأشعة قصيرة الموجة ضمن الطيف الشمسي نسبة تقارب ٥٠٪، والبقية تتمثل في الأشعة الطويلة الموجة الحرارية (الحمراء وتحت الحمراء). والأشعة المرئية هي تلك التي تشكل ضوء الشمس، وهي أشعة قصيرة الموجة (تحتل نسبة ٤١٪ و ٩٪ الباقية عبارة عن أشعة فوق بنفسجية وأشعة إكس وجاما).

وفي أثناء النهار فإن الأشعة القصيرة الموجة تكون هي المسيطرة، ومع هذا فإن الإشعاع الصافي يكون متجهاً نحو سطح الأرض. أما في الليل فإن الأشعة طويلة الموجة (الأشعة الحرارية) المتجهة نحو السماء تكون هي الغالبة، وهذا ما يجعل درجات الحرارة الليلية أخفض من درجات الحرارة النهارية. إلا أن غطاء السحب يمنع تسرب الأشعة نحو الفضاء حيث يعيد جزءاً كبيراً منها نحو سطح الأرض مما يحمي الأرض من البرودة، وهذا ما دلت عليه القياسات التي تمت في مدينة سيدني (أستراليا) في شهر أبريل، حيث أن درجة الحرارة لم تنخفض سوى ٢,٤° فيما بعد الفترة التالية لغروب الشمس بثلاث ساعات في الجو الملبد بالسحب، لكنها انخفضت ٦,٢° م في حال خلو السماء من السحب.

٢ - سطوع الشمس، وكمية القيوم

يرتبط هذان العنصران ارتباطاً وثيقاً بالإشعاع، ففترة الإضاءة، ونسبة الغيوم تحددان إلى درجة كبيرة كمية الأشعة الواصلة إلى سطح الأرض، والصادرة منه تجاه الفضاء الخارجي.

١ - سطوع الشمس : المقصود بسطوع الشمس هي فترة الإضاءة المحددة بالفترة التي تبقى فيها الشمس ساطعة في السماء، وهنا فإنه يجب علينا التمييز بين المدة الفعلية لسطوع الشمس، وبين عدد الساعات العظمى الممكنة لسطوع الشمس (طول النهار). وهناك العديد من العلاقات التي تربط بين الإشعاع وسطوع الشمس، ولربما أفضل تلك العلاقات هي العلاقة التالية (على موسى، ١٩٨٧):

$$Q/Q_0 = 0.29 \cos \varphi + 0.52 n/N$$

حيث:

- Q = الإشعاع الكلي على سطح أفقي عند عرض φ .
- Q_0 = الإشعاع الكلي في حال انعدام الجو عند عرض φ .
- n = المدة الفعلية لسطوع الشمس.
- N = المدة النظرية لسطوع الشمس.
- $\cos \varphi$ = جيب تمام زاوية العرض φ .

ومن الأفضل أن تستخدم هذه العلاقات لفترات طويلة، كأن تكون متوسطات ١٠ أيام على الأقل، حيث أن القيم التي تعطيها أيام فردية تكون غير دقيقة.

ب - كمية الغيوم: هو اصطلاح يشير إلى درجة تغطية السماء بالسحب، وعلى هذا فإن وجود السحب بالسماء له انعكاس على فترة الإضاءة الشمسية، علماً بأن الفترة الليلية من اليوم تحتوي على سحب، وللغيوم الليلى الكثير من الفوائد في مجال التطبيقات المناخية . وبحسب الغيم كنسبة مئوية من تغطية السماء بالسحب، فإذا ما كانت السماء مغطاة كلياً بالسحب فإن نسبة الغيم تكون ١٠٠٪، أما إذا كان نصف السماء مغطى بالسحب، فالنسبة عندها تكون ٥٠٪. وأحياناً يستخدم مقياس الثمن أو العشر. ومعرفة عدد الأيام الغائمة تعطي صورة عن الأحوال المناخية العامة في المنطقة^(١)، خاصة اعتدال المناخ أو تطرفه، قرب المنطقة من البحر أو بعدها عنه.

٢ - درجة الحرارة

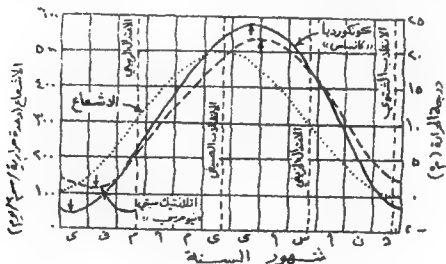
تعد درجة الحرارة المظهر الرئيسي للإشعاع، وتتعلق بكل من الأشعة الأرضية والأشعة الشمسية، فهي محصلة لهما. وتلعب الصفات الفيزيائية للأسطح المشعة والعاكسة

(١) يكون اليوم غائماً إذا كانت نسبة تغطية السماء بالسحب لا تقل فيه عن ٧٠٪ (أي $\frac{7}{10}$ أو $\frac{7}{8}$ تقريباً).

دوراً كبيراً في تحديد درجة حرارة تلك الأسطح وجوها القريب منها، وهناك عدة أجهزة لقياس الحرارة، كما أن وحدات القياس متنوعة، منها المقياس المتوى، والمقياس الفهرنهايتي، ومقياس كالفن (المقياس المطلق).

وتتميز درجة الحرارة على سطح الأرض بالاختلاف الكبير جداً، فالفارق ما بين أعلى درجة حرارة وأدنى درجة حرارة بلغ نحو ١٤٧° مئوية، حيث سجلت أعلى درجة حرارة في سان لويس (المكسيك) ومقدارها ٥٨° مئوية ومثلها تقريباً في بلدة العزيزية بليبيا، أما أدنى درجة حرارة فكانت ٨٨-° مئوية في القارة القطبية الجنوبية. إلا أن أعلى متوسط سنوي للحرارة بلغ ٣٥° مئوية في منطقة داليول Daliol في إثيوبيا، بينما سجل أدنى متوسط سنوي للحرارة عند قطب البرد في القارة القطبية الجنوبية وكان مقداره ٥٨-° مئوية.

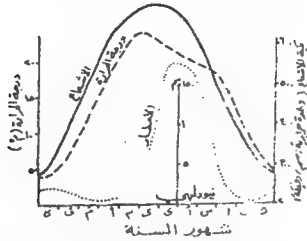
١ - الدورة السنوية للحرارة : ترتبط الدورة السنوية لدرجة الحرارة في المناطق الخالية من السحب ارتباطاً وثيقاً بعمل الأشعة الشمسية عن الوضع العمودي، ولكن مع فترة تأخير تقارب شهر للنهايات الحرارية عن النهايات الإشعاعية (شكل رقم ٢ - ٤). وإذا كان التأخير يتراوح بين ٢ - ٤ أسابيع في المناطق القارية، فإنه يصل إلى ٦ - ٨ أسابيع في المناطق البحرية.



(شكل رقم ٢ - ٤) العلاقة بين درجة الحرارة والإشعاع الشمسي في منطقتين: إحداهما بحرية (أتلانتيك سيتي) والأخرى قارية (كونكورديا)

وإذا كانت السحب عامل تدفئة أثناء الليل، فإنها عامل تبريد أثناء النهار حتى ولو كان هناك في النهار فإن الحرارة الكامنة المطلقة أثناء التكاثف لا تعرض تلك التي

تعكسها السحب وتنتشرها قطرات الماء (شكل رقم ٣ - ٤) . ولما كان ليخار الماء دوراً في منع الإشعاعات الأرضية الليلية طويلة الموجة من الانطلاق نحو الفضاء، لذا فإن المدى السنوي للحرارة يكون في المناطق البحرية أقل من المناطق القارية؛ ففي جاليوت (جزيرة مارشال) لا يزيد المدى السنوي عن ٠.٥° مئوية لكنه يقارب ٤٠° مئوية في وينبيج (كندا) .



(شكل رقم ٢٠ - ٤) درجة الحرارة والأمطار والإشعاع الشمسي في نيودلهي - الهند

ب - اندرة اليومية للحرارة: وهي نسبة الذرة السنوية في أنها تتعلق بالإشعاع الشمسي - إذا لم تتدخل العوامل الأخرى - ، وهي أيضاً تختلف في المناطق البحرية عنها في المناطق القارية، فالمدى اليومي للحرارة لا يزيد في جاليوت عن ٦° مئوية (منطقة بحرية) لكنه يصل إلى ١٣° مئوية في وينبيج (منطقة قارية) . وتتأخر الذنهایات الحرارية عن انهایات الإشعاعية أيضاً، فأقصى درجة حرارة تسجل حوالي الساعة الثانية بعد الظهر، في حين أن أدنى درجة حرارة تسجل قرابة الساعة الخامسة صباحاً (قبل شروق الشمس) .

ج - تغير درجة الحرارة مع الارتفاع: إن درجة الحرارة تتناقص مع زيادة الارتفاع بمعدل يقترب من ٠.٥٥° مئوية لكل ارتفاع مقداره ١٠٠ متراً . وأن عملية التناقص هذه عملية ذاتية أو أدبياتية ناجمة عن تمدد الهواء مستمداً الطاقة المبذولة من طاقته الداخلية . ومعدل التناقص هذا ليس واحداً فهو يختلف في الأجواء الحارة عن الباردة، وفي الرطوبة عن الجافة، إلا أن مداه يتراوح بين ٠.٤° - ٠.٨° مئوية وأحياناً أكثر (١° مئوية لكل ١٠٠ متر ارتفاع في الجو الجاف) . وإذا كان المدى الحراري اليومي يتزايد مع الارتفاع

عن سطح البحر، فإن المدى السدوى يقل. كما أن فترة حدوث درجة الحرارة العظمى والصغرى تتأخر في المستويات العليا عما هي عليه في المستويات السفلى.

وفي السديمترات الأولى القريبة من سطح الأرض يكون اختلاف الحرارة كبيراً جداً، إذ تبين من القياسات التي تمت في جنوب الجزيرة العربية في الفصل الحار النتائج التالية (على موسى، ١٩٨٢):

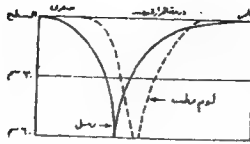
د (أ) ٧١° مئوية عند السطح مباشرة، ٣٨° مئوية عند ارتفاع متر واحد فقط.

د (ب) ٧٧° مئوية عند السطح مباشرة، ٤٩° مئوية عند ارتفاع ٥ سنتيمتر فقط.

د - درجة حرارة التربة: تعتمد درجة حرارة التربة على عاملين رئيسيين، هما ؛ التوصيل الحراري، والسعة الحرارية. وتختلف فاعلية هذين العاملين باختلاف حالة التربة، إذا كانت رطبة أم جافة، وإذا كان الهواء موصلاً رديئاً للحرارة (٠.٠٠٣ وحدة حرارية/سم^٢/دقيقة) فإنه موصل جيد للإشعاع، غير أن الأمر ينعكس في التربة، فهي ذات توصيل للحرارة أفضل من الهواء، لكنها موصل رديء جداً للإشعاع. ومع هذا فإن درجة حرارة التربة تختلف عن درجة حرارة الهواء.

ونسيج التربة أو قوامها يحدد الكثير من صفاتها الحرارية، فالتربة الرملية الجافة تسخن بسرعة كبيرة عند السطح أثناء النهار، بسبب سعتها الحرارية القليلة وتوصيلها الرديء، ولكن عند عمق سنتيمترات قليلة تنقص الحرارة نقصاً كبيراً (شكل رقم : ٤ - ٤)، إلا أن الأمر يختلف في تربة غرينية (لومية) رطبة، إذ أن تغير درجة الحرارة مع العمق يكون أكثر بطلاً لأن توصيل الحرارة أكبر، إلا أن سطحها لا يسخن كما يسخن سطح التربة الرملية. وفي الليل يحدث العكس، فالتربة الرملية تبرد بسرعة أكبر من سرعة التربة الغرينية، بسبب التوصيل الرديء للحرارة من الأسفل.

وهذه بعض القيم المتوسطة التي توضح درجات حرارة التربة لأعماق مختلفة (على موسى، ١٩٨٢)؛ فعند عمق ٣ متر يقترب المدى السدوى للحرارة من ٣° مئوية، ينخفض إلى ٢° مئوية عند عمق ٦ متر، ويصبح درجة مئوية واحدة فقط عند عمق ١٠ متر. أما في الماء، فإنه بسبب قدرته على نقل الإشعاع إلى أعماق عدة أمتار، فإن هذا يجعل المدى السدوى يقترب من ٥° مئوية عند عمق ٢٠ متراً، لكنه ينخفض إلى درجة مئوية واحدة عند عمق ٥٠ متراً.



(شكل رقم ٤ - ٤) النمط اليومي لاختلاف درجة الحرارة حسب نوع التربة

وكما هي الحال في الهواء الحر، فإن النهايات الحرارية في التربة تتأخر عن النهايات الإشعاعية، بسبب حركة نقل الحرارة ضمن التربة. ويوجه عام فإن التأخير يبلغ قرابة ١٢ ساعة عند عمق ٣٠ سنتيمتراً، وقرابة ٦ أشهر عند عمق ١٠ أمتار، وهكذا نجد أن الفترة الأكثر حرارة أثناء اليوم تكون عند منتصف الليل على عمق ٣٠ سنتيمتراً، بينما تكون الفترة الأكثر حرارة من السنة في الشتاء على عمق ١٠ أمتار.

ولا تقل حرارة التربة أهمية عن حرارة الهواء بالنسبة للزراعة، حيث تعد العواصر الرئيسية التي تؤثر على الإنبات ونمو الجذور، وعلى اختصاص الماء والعناصر الغذائية الموجودة في التربة.

٤ - التساقط

"مفصود بالتساقط هو كل ما يسقط من السماء بشكل سائل (مطر) أو صلب (ثلج أو برد). ولابد لحدوث التساقط من أن يكون الجو مشبعاً ببخار الماء، وهذا يتطلب إما إمداداً ببخار الماء، أو إنخفاضاً في درجة الحرارة، ولذا لابد من حدوث التبريد حتى يتكاثف بخار الماء متحولاً إلى قطرات يعجز الهواء عن حملها، ولا بد من توفر بعض الجسيمات من المادة في الجو، كالغبار والدخان، وذرات الملح ... إلخ، والتي تشكل نويات تكاثف.

وتبريد الهواء يتم بصعوده لأعلى، وهناك ثلاث طرق لهذا الصعود هي:

- أ - الصعود التضاريسي أو الأوروجرافي؛ ويرجع هذا إلى اصطدام الكتلة الهوائية بحاجز تضاريسي مرتفع مما يجبرها على الصعود، ومن ثم يبرد الهواء.
- ب - الصعود بطريق الحمل؛ وينجم عن التسخين الشديد لسطح الأرض، مما يجعل الهواء يتمدد ويصعد لأعلى.

ج - الصغود الإعصاري (الجبهي)؛ ويتم بفعل تصادم كتلتين هوائيتين مختلفتين في درجة حرارتهما ورطوبتهما، مما يجعل الكتلة الحارة الأخف تصعد لأعلى فتبرد ويتكاثف بخار مائها ويتم التساقط.

وباستثناء المناطق الواقعة بين الدائرتين القطبيتين والمطبخ حيث معظم التساقط يكون ثلجياً، فإن بقية من اطق الأرض يغلب فيها التساقط الممطرى. وللأمطار أهمية كبرى بالنسبة لكافة أشكال الحياة.

ولا ريب أن الأمطار - وأشكال التساقط الأخرى - هي مصدر الماء السطحي والجوفي، وعلى هذه المياه تقوم الزراعة، وتربية الحيوان. واختلافات الأمطار أشد وأعظم من اختلافات الحرارة، فهناك مناطق لا تتلقى في بعض السنوات قطرة مطر واحدة، في حين نجد مناطق أخرى تتلقى مئات السنتيمترات من الأمطار في السنة. وأعلى معدلات مطرية سجلت حتى الآن كانت في ولايات أسام الهندية، وفي جزيرة هاواي، وجبال الكاميرون. حيث بلغ معدل الأمطار السنوية في تشيرابونجي (الهند) ما يقرب من ١١,٥ متر، ومثله أيضاً سجل في جبال وايا ليل (Waialeale) (هاواي)، كما أن ديوندستشا في الكاميرون سجلت ١٠,٣ متر. إلا أن أجف مناطق الأرض هي صحراء انكاما، والصحراء الكبرى، ففي أمريكا (شيلي) ووادي حلفا (السودان) قد تمر عليهما عشر سنوات دون أن تسقط عليهما كميات تذكر من الأمطار.

وكانت أعلى كميات مطر سنوية وشهرية ونصف شهرية سجلت حتى الآن في تشيرابونجي، بينما أكبر كمية مطر يومية سجلت في بلدة سيلالوس (جزيرة رينيون)، أما أكبر كمية مطر سقطت في دقيقة واحدة فكانت في بلدة أينيونفيل (ولاية ميرلاند الأمريكية). والجدول التالي يبين أكبر كميات مطر سقطت حتى الآن على مدار السنة ومدتها.

المكان	الكمية (مم)	التاريخ	المدة
شيرابونجي (الهند)	٢٦٤٧٠	أغسطس ١٨٦٠ ، يوليو ١٨٦١	١٢ شهر
شيرابونجي (الهند)	٢٢٩٩٠	يناير - نوفمبر ١٨٦١	١١ شهر
شيرابونجي (الهند)	٢٢٤٥٤	أبريل - سبتمبر ١٨٦١	٦ أشهر
شيرابونجي (الهند)	٩٣٠٠	يوليو ١٨٦١	شهر واحد

١٥ يوم	٢٤ يونيو - ١ يوليو ١٩٣١	٤٧٩٨	شيرابونجي (الهند)
٥ أيام	١٣ - ١٨ مارس ١٩٥٢	٣٨٥٤	سيلوس (ريونيون)
٢ يوم	١٥ - ١٧ مارس ١٩٥٢	٢٥٠٠	سيلوس (ريونيون)
٢٤ ساعة	١٥ - ١٦ مارس ١٩٥٢	١٨٧٠	سيلوس (ريونيون)
١٢ ساعة	٢٨ فبراير - ٢٩ فبراير ١٩٦٤	١٣٤٠	بيلوفيفي (ريونيون)
٦ ساعات	٢٨ فبراير ١٩٦٤	١٠٨٧	بيلوفيفي (ريونيون)
٢ ساعة و ٤٥ دقيقة	٣١ مايو ١٩٣٥	٥٥٨	هانس (تكساس)
٤٧ دقيقة	٢٢ يونيو ١٩٤٧	٣٠٥	هولت (ميسوري)
٨ دقائق	٢١ مايو ١٩٢٠	١٢٦	فوسين (بافاريا)
دقيقة واحدة	٤ يوليو ١٩٥٦	٣١	أبنيونفيل (ميريلاند)

وتقسم اختلافات الأمطار بأنها كبيرة ما بين سنة وأخرى، وشهر وآخر، وقد يصل هذا الاختلاف إلى درجة تؤثر على المحاصيل الزراعية وخاصة المطرية منها. ويستعمل لمعرفة مدى تغير الأمطار عن معدلها العام؛

١ - مقياس الانحراف المعياري:

$$ع = \frac{\text{م.ج. (س.م.)}^2}{ن}$$

حيث: ع = الانحراف المعياري

س = كمية المطر السنوية

م = معدل كمية الأمطار السنوية

ن = عدد السنوات

م.ج. = مجموع

٢ - كما ويستخدم أحياناً معامل الاختلاف:

$$\text{معامل الاختلاف} = \frac{\text{الانحراف المعياري}}{\text{معدل كمية الأمطار}} \times ١٠٠$$

وكما كانت المنطقة أقل أمطاراً كلما ازدادت قيمة معامل الاختلاف.. والعكس صحيح. ومما لاشك فيه أن الأمطار التي تسقط في فترة الليل أكثر أهمية بالنسبة للمحاصيل الزراعية من الكمية الساقطة أثناء ساعات النهار الحارة، ذلك أن كمية الفاقد

بالتبخّر أثناء الليل مقارنة بالنهار تكون محدودة. وفي مناطق أمطار الحمل فإن الجزء الأكبر من الأمطار يسقط في فترة بعد الظهيرة وحتى المساء.

وكما هو معروف فإن كمية التساقط تتزايد مع تزايد الارتفاع عن مستوى سطح البحر، ومعدل التزايد هذا يختلف مع المظهر الطبوغرافي، ومع الحالة الجوية العامة السائدة. إلا أن التساقط لا يزايد بصورة مطلقة مع تزايد الارتفاع، ذلك أن هناك مستوى يكون عنده الهواء قد فقد الجزء الأكبر من حمولته من بخار الماء، وهذا المستوى هو الذي يعرف بمستوى التساقط الأعظم يعقبه تناقص في كمية التساقط مع الارتفاع. وإذا كان مستوى التساقط الأعظم يقع على ارتفاع ١٠٠٠ متراً في هاراي، فإنه يزداد حتى ارتفاع ٣٠٠٠ متراً في أفريقيا الشرقية، وفي جبال نيفادا في ولاية كاليفورنيا يقع على ارتفاع يقترب من ١٥٠٠ متر.

- الثلج : لسنا بصدد التعرض لآلية تشكيل البلورات الثلجية، وإنما بصدد تحديد كميات الثلج الساقطة، والتي تغزر كلما ازدادت برودة المنطقة. ويندر سقوط الثلج فيما بين المدارين سوى في الأجزاء المرتفعة منها، بينما يشكل تساقط الثلج في مناطق العروض العليا حقولاً ثلجية بسبك يزيد عن بضعة أمتار. وفي بعض الحالات يصعب معرفة كمية الثلج الساقطة فعلاً من السماء بسبب الثلوج المنجرفة والمثارة بفعل العواصف الريحية. ورغم أن الثلج يحمي التربة من خطر الصقيع، إلا أنه أيضاً يشكل مخزوناً مائياً للتربة في حال ذوبانه. إلا أن الأمر المهم هو معادلته للماء، وهذا يعتمد على عمق الثلج وكثافته، وكثافة الثلج تختلف من حالة إلى أخرى اختلافاً كبيراً، وتتراوح عموماً بين ٠,٠٠٤ إلى ٠,٩١، ولذا فإن سمك ١٠ سنتيمتراً من الثلج القديم قد تعادل ما يقترب من ٧ سنتيمتراً من الماء، بينما إذا كانت تلك الكمية من الثلج حديثة السقوط فإنها لا تكافئ أكثر من سنتيمتر واحد من الماء وهو المكافئ العادي. وإذا كان خط الثلج الدائم يقع على ارتفاع ٤٧٠٠ متر عدد خط الاستواء، فإنه يكون على ارتفاع ٥٢٠٠ متر في المناطق المدارية الجافة، لكنه ينخفض إلى ٣٠٠٠ متر عند دائرة عرض ٤٥ شمالاً، وإلى ١٤٠٠ متر عند عرض ٦٠ درجة شمالاً، وفي نصف الأرض الجنوبي فإن تلك القيم تكون أقل.

- البرد : يعد البرد من أخطر الظواهر الجوية المصاحبة للعواصف الرعدية، ويدل سقوطه على وجود حركة رفع قوية للهواء مكنت من نشأة سحب. ويتراوح قطر حبة البرد

الساكنة بين ٥ - ٥٠ ملليمتر وأحياناً قد يزيد عن ذلك. وتسقط البرد أخطار كبيرة ليس على الحاصلات الزراعية التي تكون في مراحل نموها الأولى، وإنما على الحاصلات التي تكون في مرحلة النضج، وعلى الأشجار، والحيوانات، وحتى على الإنسان ذاته فيما إذا كان في العراء وكانت حبات البرد كبيرة الحجم.

٥ - الرطوبة الجوية

الرطوبة الجوية هي كمية بخار الماء في الهواء والتي لها أهمية كبيرة بالنسبة لكافة الظواهر المائية. وتزداد قدرة الهواء على حملته من بخار الماء بازدياد درجة حرارته. ومصدر بخار الماء الحوى يتمثل في المسطحات المائية، والنباتات، وسطح الأرض الرطب، حيث تتبخر المياه من تلك الأجسام وينتقل البخار إلى الجو.

ويعبر عن الرطوبة الجوية بعدة اصطلاحات هي:

١ - ضغط بخار الماء؛ ويعبر عن قوة الضغط التي يمارسها بخار الماء الموجود في الجو على وحدة المساحة، ويصل ضغط بخار الماء أقصاه عندما يكون الهواء مشبعاً ببخار الماء (ضغط بخار الماء المشبع).

٢ - نقص الإشباع؛ وهو مقدار الفرق بين ضغط بخار الماء المتبقي وبين ضغط بخار الماء الموجود فعلاً في الهواء.

٣ - الرطوبة المطلقة؛ وتشير إلى وزن بخار الماء الموجود في وحدة حجم من الهواء، (جرام/سم^٣) أو كيلوجرام / متر مربع.

٤ - الرطوبة النوعية؛ وتشير إلى وزن بخار الماء بالنسبة إلى وحدة وزن الهواء (جرام/كيلوجرام).

٥ - الرطوبة النسبية؛ هي النسبة بين كتلة بخار الماء الموجودة فعلاً في حجم من الهواء إلى كتلة بخار الماء اللازمة لتشبع حجم الهواء هذا عند درجة الحرارة نفسها.

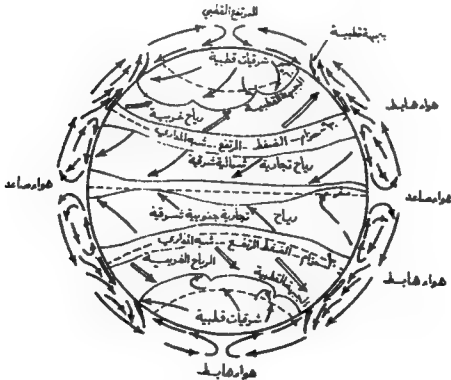
$$\text{أو: الرطوبة النسبية} = \frac{\text{ضغط بخار الماء الفعلي}}{\text{ضغط بخار الماء المشبع}} \times 100$$

٦ - نقطة الندى؛ هي درجة الحرارة التي يكون عندها الجو مشبعاً ببخار الماء، حيث يبدأ عندها حدوث تكاثف لبخار الماء.

٦ - حركة الهواء (الرياح)

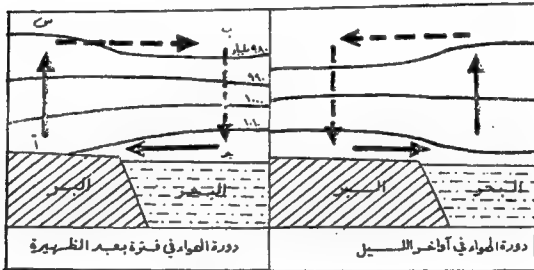
يعد تحرك جزئيات الهواء من منطقة إلى أخرى محصلة لاختلافات الضغط بين هذه المنطقة والمنطقة الأخرى. وترجع اختلافات الضغط الجوي في الأساس إلى عملية التسخين المتباين، والتي يندمج عليها تحرك الهواء على مستوى محلي. أما حركة الهواء على مستوى نطاقى، فإن الأسباب الديناميكية تلعب دوراً في نشأة الضغوط المرتفعة أو المنخفضة. ومن نماذج الضغوط الكبرى في العالم؛ الضغط المنخفض الاستوائى (حرارى) والضغط المرتفع المدارى (ديناميكي)، والضغط المنخفض دون القطبى (ديناميكي) والضغط المرتفع القطبى (حرارى). ويجمع عن تباين الضغوط نوعان لحركة الهواء.

١ - الحركة الأولى، حركة عامة رئيسية (شكل رقم ٥ - ٤). وتتمثل في تلك الكتل الهوائية الضخمة المنطلقة من الضغط المرتفع المدارى تجاه خط الاستواء (رياح تجارية)، أو تجاه الضغط المنخفض دون القطبى (العكسيات الغربية)، أو تلك الكتل المنطلقة من الضغط المرتفع القطبى تجاه الضغط المنخفض دون القطبى (الشرقيات القطبية).



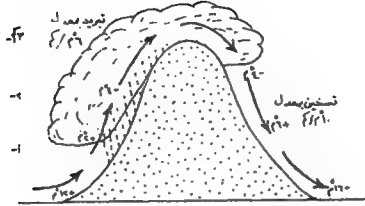
(شكل رقم ٥ - ٤) الحركة الهوائية العامة

٢- أما الحركة الثانية، فهي حركات هواء يومية أو محلية ناجمة عن تأثير العوامل الجغرافية المختلفة على درجة الحرارة وبالتالي الضغط الجوي، وتلعب كتل الماء المتداخلة في اليابسة، ومظاهر سطح الأرض المختلفة دوراً في ذلك. ومن أمثلة حركة الهواء اليومية؛ نسيم البر والبحر، والذي يمثل دورة يومية للهواء ما بين البر والبحر (شكل رقم: ٦ - ٤)، فحركة الهواء تكون أثناء النهار من البحر إلى البر (نسيم البحر) وفي الليل من البر تجاه البحر (نسيم البر)، وذلك لأن اليابس يكون مركزاً لضغط مرتفع في الليل ومنخفض في النهار، أما البحر فالحالة تكون فيه معكوسة.



(شكل رقم ٦ - ٤) نسيم البر والبحر

أما رياح القوهن - وهي من نوع الرياح المحلية - فتحدث تقريباً في كل المناطق الجبلية على الجانب المعاكس لوجهة الرياح من السلسلة الجبلية. فعندما يعبر الهواء سلسلة جبلية فإنه يضطر إلى الصعود على الجانب المواجه له ويصعده يبرد ويحدث التكاثف وبالتالي، فإن معدل إنخفاض الحرارة يكون قليلاً، وما أن يعبر الهواء قمم الجبال حتى يهبط على المنحدر الآخر وتزداد حرارته بالانضغاط، كما وتنخفض رطوبته، ولذا يكون عند مقدمة الجانب المعاكس هواءً حاراً وجافاً (شكل رقم: ٧ - ٤)، ولقد سجل ارتفاع في درجة الحرارة حوالي ٢٧° مئوية خلال دقيقتين في سبرفيس Spearfish في داكوتا الجنوبية بالولايات المتحدة.



(شكل رقم ٤-٦) رياح الضوّه

أما رياح الجاذبية Gravity wind فتحدث بسبب برودة السطح في ساعات الليل مسبباً فروقات في كثافة الهواء على طول المنحدر، حيث يأخذ الهواء الأكثر برودة عند القمة والمنحدرات العليا بالانحدار تجاه الوديان والمنخفضات تحت تأثير، مما يندمج عن ذلك تراكم الهواء البارد عند المنخفضات، ويعرف هذا بنسيم الجبل (شكل رقم: ٨ - ٤).



(شكل رقم ٤-٨) رياح الجاذبية

الفصل الخامس

المناخ ومكونات الوسط البيئي الطبيعي

المناخ ومكونات الوسط البيئي الطبيعي

مقدمة

يتكون الوسط البيئي الطبيعي من ثلاثة عناصر أساسية هي المياه والتربة والنبات الطبيعي. ومن الأرجح القول أن تباين هذه العناصر الثلاثة على سطح الأرض يرجع أساساً إلى اختلاف الظروف المناخية. ويهتم هذا الفصل بمعالجة دور المناخ في تشكيل الماء الأرضي الذي هو الشكل المرئي والمحسوس على سطح الأرض للماء الجوي، كما أن الماء الأرضي هو مصدر الماء الجو ولهذا فإن الصلة بينهما صلة وثيقة لا يمكن فصلها. كما أن المناخ يلعب دوراً هاماً في بناء التربة إلا أنه يعد أيضاً عامل هدم وتخريب للتربة عن طريق جرفها وتعريتها وتحديد حجم المادة المنجرفة، ويبرز ذلك عندما يتم القضاء على الغطاء النباتي الطبيعي تماماً. ولا يتوقف دور المناخ عند هذا الحد بل يتجاوزه في تأثيره على تحديد نموذج النبات الذي ينمو في منطقة معينة دون سواها. ومن هنا فإن هذا الفصل يركز على توضيح العلاقة القائمة بين المناخ والمياه والتربة والنبات. كل على حدة.

أولاً: المناخ والمياه

مما لا شك فيه أن المياه من أهم مكونات الوسط البيئي الطبيعي، ما كان منها ظاهراً فوق سطح الأرض أو مستتراً تحته. فبالإضافة إلى أهميتها في تشكيل مظاهر السطح فإن الإرتباط بين وجود حياة نباتية طبيعية وبين الماء ارتباطاً وثيقاً جداً، حيث لا حياة نباتية دون مياه. والإنسان ليس أقل من النبات في احتياجه للماء، فهي أيضاً عماد وجوده، فالإنسان قد يستطيع العيش أياماً عديدة دون طعام ولكنه يتعذر عليه العيش بضعة أيام دون ماء. وتؤثر المياه بشكل غير مباشر على الإنسان لأنها الأساس لوجود بقية الكائنات الحية، نباتية وحيوانية، والتي هي عماد غذائه.

وإذا كان علم الهيدرولوجيا يركز على دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء، فإنه يهتم أيضاً بمعالجة أشكال المياه الموجودة فوق السطح وتحت، وحركات هذه المياه، والتغيرات التي تطرأ على هذه الحركات وما ينجم عنها من آثار. ولذا كان الجانب التطبيقي لعلم الهيدرولوجيا يتمثل في عملية ضبط الفيضانات، وتخزين المياه.

والرى. واستغلال الطاقة الكهربائية، وحيث أن علم الهيدرولوجيا يتطور كعلم مستقل، فإن ارتباطه بعلم المناخ ارتباطاً غير قابل للانفصال.

- مصدر المياه السطحية والجوفية

يعد التساقط بكافة أشكاله المصدر الرئيسى لمختلف أشكال المائية على سطح الأرض وتحتة. وماء سطح اليابسة هو محصلة للمياه الواردة من السماء عن طريق التساقط والمياه المفقودة من الأرض والمتمثلة فى الكميات المتبخرة من سطح التربة والنبات وتلك التى تجرى باتجاه البحار والبحيرات والمحيطات عبر المجارى النهرية، وما يتسرب ضمن فراغات التربة إلى الأعماق.

ويمكن أن يتم التساقط بالأشكال التالية:

١- الضباب؛ وهو عبارة عن سحب مستوى قاعدتها عند سطح الأرض، وتتركب من تجمع مرئى لقطرات دقيقة من الماء العالق فى الجو.

٢- الضباب الدخاني Smog؛ وهو عبارة عن ضباب ملئ بالملوثات الصناعية.

٣- الرذاذ؛ وهو عبارة عن تساقط مائى بشكل قطرات دقيقة وقريبة جداً من بعضها. والمتعارف عليه أن التساقط بشكل رذاذ يتم عندما يكون قطر القطيرات أقل من ٠.٥ ميلليمتر، وتكون كمية الماء التى يعطيها الرذاذ وافرة فى بعض الأحيان حيث تصل إلى ١ ميلليمتر لكل ساعة.

٤- المطر؛ تساقط سائل على شكل قطرات من الماء قطرها أكبر من قطر قطرات الرذاذ (أكبر من ٠.٥ ميلليمتر).

٥- الندى؛ عبارة عن تكاثف لجزيئات الماء على الأجسام الموجودة عند سطح الأرض أو بالقرب منه.

٦- المطر شبه المتجمد Sleet؛ وهو عبارة عن تساقط خليط من المطر والثلج وأحياناً يدخل فيه شظايا جليد.

٧- حبات الجليد؛ وهو تساقط بشكل كرات صغيرة شفافة من الجليد. قطرها أقل من ٥ مم. وتأخذ شكلاً كروياً أو غير منتظماً.

٨- البرد؛ عبارة عن حبات من الجليد. يتراوح قطرها بين ٥ - ٥٠ مم. ويصل أحياناً إلى أكثر من ذلك، وتنتج من السحب التى تعرف باسم سحب الركام العزنئى.

٩- الثلج؛ عبارة عن بلورات بيضاء شفافة من الجليد، عادة ما تتخذ شكلاً نجمياً. وأحياناً تذوب بعض بلورات الثلج قبل وصولها إلى سطح الأرض. بحيث يأخذ التساقط شكل مزيج من الثلج والمطر (Sleet).

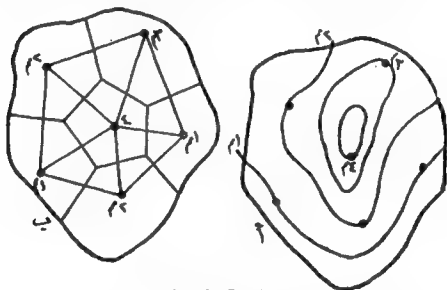
١٠- الفيرجا Virga؛ قطرات من الماء أو قطع من الجليد تساقطت من السحابة ولكنها تبخرت قبل أن تتمكن من الوصول إلى سطح الأرض.

وبعد التساقط المطري، أهم أشكال التساقط على سطح الأرض، ذلك أن معظم مناطق الأرض يكون فيها التساقط مطرياً، باستثناء العروض العليا حيث يغلب عليها التساقط الثلجي. وسواء كان التساقط مطرياً أو ثلجياً، فإن الأهمية الهيدرولوجية لكل منهما تتمثل في دوره في تغذية المياه السطحية والجوفية. فإذا كانت الثلوج فوق سطح الأرض تساهم في تغذية المياه الجوفية حيث تتيح الفرصة للتسرب البطيء عبر فراغات التربة، إلا أن دورها أيضاً في الجريان السطحي كبير جداً، إذ ما أن ترتفع درجة الحرارة ويبدأ الثلج المتراكم بالذوبان حتى تبدأ مواسم بداية فيضانات تلك الأنهار، وأكثر الأنهار الواقعة في العروض العليا تتلقى معظم تغذيتها المائية من ذوبان الثلوج. وتحدد أشكال التساقط السائل المختلفة كمية المتسرب والجاري على السطح، فالتساقط على شكل رذاذ معظمه يتسرب عبر السطح أو يتبخر إلى الجو، في حين أنه كلما اشتدت غزارة التساقط وكبرت حجم قطراته كلما كان أكثر فاعلية في الجريان السطحي. ولذا فإنه كلما انحصرت الكمية المطرية الكبرى في فترة قصيرة كلما كانت أكثر أهمية بالنسبة لعلماء المياه. وما يسقط في فترة ٢٤ ساعة أو دون ذلك ذو أهمية أكثر من تلك الكمية التي تسقط في شهر أو في سنة، غير أن الأهمية الدائمة لا تتحدد بالفترات القصيرة، لأن الجزء المتسرب ضمن فراغات التربة له الدور الأكبر في تغذية المياه السطحية. رغم الارتباط بين الماء تحت السطحي والظروف المناخية من تساقط وحرارة.

والتساقط الذي يصل سطح الأرض يقاس كعمق معين من الماء. بواسطة مقياس المطر، ويوصف التساقط أحياناً على أنه خفيف أو متوسط أو شديد. وفي هذا إشارة إلى عدد وحجم قطرات الماء التي تسقط على سطح الأرض في فترة زمنية معينة، وقد يكون التساقط مستمراً لفترة قد تزيد عن ٢٤ ساعة وقد يكون متقطعاً. وفي المناطق التي لا تتوفر فيها شبكة كثيفة من المحطات المطرية إلا أن التساقط فوقها يتصف بتجانسه، لذا فإنه من الممكن معرفة الحالة المطرية لكافة أجزاء هذه المنطقة من

خلال القياسات التي تعطيها أجهزة المطر في أماكن تواجدها، وبهذا يمكن أدراك العلاقة القائمة بين الجريان السطحي للمياه وقيم التساقط. أما في المناطق التي تنصف أمطارها بخلال في توزيعها لأسباب جغرافية، فإنه من الضروري عندئذ توفر شبكة كثيفة من محطات الرصد المطري حتى يمكن معرفة كمية التساقط الحقيقية في مجمل أجزاء المنطقة. إلا أنه لسوء الحظ فإن معظم مناطق النعم لا تتوفر فيها شبكات كثيفة من المحطات، وبالتالي فإن علي علماء الماء أن يعتمدوا على التقديرات انطلاقاً من إحدى الطريقتين التاليتين:

١ - طريقة خطوط المطر المتساوية؛ حيث تحسب كمية المطر في المساحة المحصورة بين خطي مطر - شكل (١ أ، ٥ -) ومن جمع الكميات المساقطة لجميع المساحات المحصورة بين الخطوط المطرية المتساوية، وقسمة ذلك المجموع على مجموع المساحة يتم الحصول على معدل كمية التساقط في وحدة المساحة.



شكل رقم: (١ - ٥)

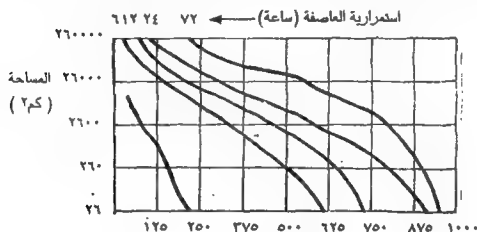
أ - طريقة خطوط المطر المتساوية. ب - طريقة ليسن.

طريقة خطوط المطر المتساوية. وثيسن لحساب كميات المطر الهاطلة في منطقة ما

٢ - باستخدام طريقة ثيسن Thiessen؛ والمعتمدة على الأشكال الهندسية المختلفة، حيث ترسم عدة أشكال هندسية للمنطقة موضع الدراسة، بحيث يكون في وسط كل شكل مقياس مطر (شكل رقم: ١ أ، ٥ -)، وبحساب مساحة كل الأشكال الهندسية ومعرفة نسبتها المئوية من المساحة العامة للمنطقة، يمكن عندها حساب المعدل العام للتساقط، وذلك بجمع كميات الأمطار المعدلة وفقاً لنسب المساحة

(بضرب كمية المطر للمقياس في النسبة المئوية للمساحة التي يمثلها المقياس يتم الحصول على الكمية المعدلة لهذه المساحة، وهكذا يتم الحصول على الكميات الأخرى للمساحات الأخرى، ومجموع الكميات تمثل معدل الأمطار العام للمنطقة).

وتعد غزارة الأمطار أو شدتها ذات أهمية بالنسبة لعلماء الماء، كما ذكرنا سلفاً، لتأثيرها على الجريان السطحي من جهة، ولاهيتها في دراسة الموازنة المائية في منطقة ما من جهة أخرى. وشدة الأمطار هي المقياس لكمية التساقط في فترة زمنية معينة قد تكون ساعة. ومن المهم دراسة احتمالات تكرار حدوث كميات مطر معينة ودوامها، وما يمكن أن ينبثق عن ذلك. ومن الممكن تمثيل المعلومات الخاصة بشدة المطر أثناء العواصف المطرية في شكل بياني تتضح فيه الكميات الساقطة في فترات زمنية معينة والامتداد المساحي للعاصفة المطرية (شكل رقم: ٥-٢).



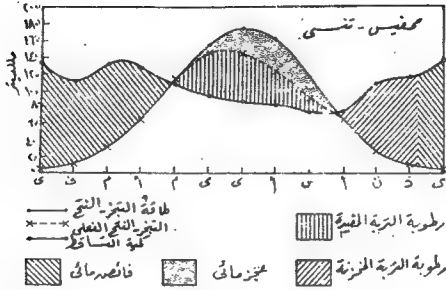
شكل رقم: (٥-٢)

الامتداد المساحي لعاصفة مطرية في الولايات المتحدة.

- طرق فقدان الماء على سطح الأرض

تعرض كمية المياه الساقطة بالأشكال التي ذكرناها سلفاً لعمليات عدة تحدد نسبة الاستفادة منها في المجال الزراعي. فجزء من المياه الساقطة يعود للجو مرة ثانية بالتبخر من التربة والنبات، وجزء آخر يتسرب ضمن فراغات التربة السطحية ليشكل مخزوناً مؤقتاً ضمن التربة السطحية، أو يتسرب إلى الأسفل منجذباً بتأثير الجاذبية الأرضية ليشكل مخزون الماء الجوفي، أما الجزء المتبقى فهو الذي يجري فوق السطح على شكل مجار مائية (أنهار) تذهب بالمياه إلى المحيطات والبحار أو تتجمع في الحفر والبحيرات الداخلية.

(١) التبخر، كنا ذكرنا سلفاً بأن الطاقة الشمسية الواصلة الى سطح الأرض تقوم بتبخير جزء من ماء التربة والنبات، والمسطحات المائية، ذلك الماء المتبخر ينطلق بحالته الغازية نحو الجو ليشكل ما يعرف بالرطوبة الجوية مصدر التساقط. وتعتمد كمية المياه المتبخرة من الأجسام المختلفة على فارق ضغط الماء فوق هذا الجسم والهواء، كما وتعلق بسرعة الرياح. ففي العروض الوسطى المرتفعة فأن ضغط البخار يختلف بشكل كبير من فصل الى آخر، فعند بحيرة ميتسجان حيث درجة الحرارة تتراوح بين الصفر إلى ٢٣ درجة مئوية، فان ضغط البخار فوق الماء يتراوح بين ٦-٢٨ ملليبار، وإذا ما كان ضغط بخار الماء في الهواء يتراوح بين ٣ - ١٥ ملليبار فمعنى ذلك أن فارق ضغط بخار الماء بين الماء والهواء يتراوح بين ٣ - ١٣ ملليبار، وعليه فأن التبخر يكون انشط في الفصل الأكثر تفاوتاً في قيمة ضغط البخار بين الهواء والسطح. إذ أنه كلما كان ضغط بخار الماء في الهواء أقل من ضغط بخار الماء فوق سطح الماء فأن التبخر يحدث، إلى أن يتسارى الضغطان مع بعضهما فعندها يتوقف التبخر حيث يصبح الهواء مشبعاً ببخار الماء. وعندما تتجمد مياه البحار والأنهار فأن التبخر سوف يتوقف تقريباً. كما أن النتج من النبات يختلف من فصل إلى آخر، فهو يتوقف في فترة ركود النبات الشتوية، لكن كمية النتج تقترب من معدل التبخر من الماء في الصيف. ولقد عرف تورنتريت Thornthwaite الطاقة القصوى للنتج من النباتات والتبخر من أجسام المائية والتربة باسم طاقة التبخر/ النتج Potential Evapotranspiration وهذا اصطلاح يشير الى الكمية القصوى من الماء الممكن أن تبخر من التربة وتنتج من النبات فيما لو وجد غطاء نباتي أخضر ومورد ماء دائم يمد التربة باستمرار، وهذا المقدار الافتراضي لما يفقد من التربة والنبات هو في الواقع مقدار الماء اللازم لمنطقة ما حتى لا يكون المناخ فيها جافاً. ومن الواجب التمييز ما بين التبخر/ النتج الفعلي Actual Evapotranspiration وطاقة التبخر/ النتج، حيث أن التبخر/ النتج الفعلي قيمة حقيقية تتم في الظروف العادية لمنطقة ما ويمكن قياسها، بينما طاقة التبخر/ النتج قيمة نظرية ومثالية - فمثلاً يكون التبخر/ النتج الفعلي قليلاً جداً في منطقة صحراوية حارة، غير أن طاقة التبخر/ النتج تكون كبيرة جداً لأنها تقدر على أساس وجود فائضاً مائياً في هذه المنطقة - . ويمكن أن يحدد الفائض المائي والعجز المائي من مقارنة كمية الأمطار الساقطة مع طاقة التبخر/ النتج والتبخر/ النتج الفعلي. فإذا كانت كمية الأمطار أكبر من طاقة التبخر/ النتج فان هناك فائضاً مائياً وجرياناً سطحياً. بينما اذا كانت طاقة التبخر/ النتج أكبر من كمية التبخر/ النتج الفعلية فعندئذ يكون هناك عجز مائي (شكل رقم: ٣-٥) .



شكل رقم: (٢٠٠٥)

الموازنة المائية في احدى المناطق حسب علاقة ثورنثويت

(٢) الجريان السطحي والجوفي، لا تتعدى كمية المياه المتمثلة فوق سطح اليابسة بحالتها السائلة عن ٢,٥ ٪ من ماء كوكب الأرض. وهذا الماء يوجد فوق السطح منخفضاً شكل أنهار وبحيرات، أو تحت السطح مشكلاً ماء التربة والماء الجوفي. وتعاود مياه الأنهار قرابة ١,٧ × ٣١٠ كم (٠,٠٠٠١ من ماء كوكب الأرض). ونعتمد كمية المياه السطحية المتدفقة عبر المجارى المائية على كمية التساقط فى قطاعات المجرى المختلفة، وعلى نفاذية التربة.

معدل الماء الجارى فوق السطح = معدل التساقط - معدل التسرب.

فإذا كان معدل التسرب ثابتاً وهو بحدود ١ سم/ساعة، ومعدل الأمطار الساقطة ٢ سم/ساعة، فإن معدل الجريان السطحي الناتج يعادل ١ سم/ساعة، مستثنى من ذلك كمية الصياغ بالتبخر.

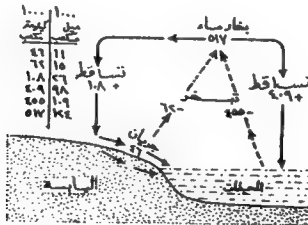
وبصورة عامة كلما ازدادت غزارة الأمطار كلما ازدادت نسبة الماء الجارى وقلت نسبة المتسرب. وتظهر أهمية المناخ فى الجريان المائى من أن التغذية المائية للأنهار تستمد بشكل مباشر أو غير مباشر من التساقط، فالمخزون المائى تحت السطح يشكل

مصدراً رئيسياً من مصادر التغذية الذى تظهر أهميته فى الفترات الجافة، حيث تتلقى الأنهار الدائمة الجريان تغذيتها من ذلك المخزون الذى يتأثر بلا شك بالتساقط وتظهر أهمية التساقط مباشرة من تغير مناسيب الأنهار ما بين فترات المطر والجفاف، إلا أن الأنهار التى تتلقى تغذيتها من الثلوج الذاتية تكثر كميات المياه فيها عقب فترة التساقط حيث ترتفع الحرارة ويبدأ ذوبان الثلوج. وتتأثر كمية المياه المنصرفة فى النهر بدرجات حرارة المناطق التى يعبرها خاصة إذا كانت تلك المناطق جافة.

ويشكل المتسرب من المياه الى ما تحت السطح ما يعرف باسم الماء الجوفى - بما فى ذلك ماء التربة باعتباره ماءً تحت سطحى رغم ارتباطه المباشر بالمناخ - ويكون جزء من هذا الماء خاصعاً مباشرة للتأثيرات المناخية، وجزء آخر يكون تأثيره غير مباشر وهو ما يقع تحت مستوى الماء الجوفى Wagter table، وهذا الماء يمكن أن يطهر جزء منه على شكل ينابيع تغذى الأنهار، غير أنه يستمر بشكل مباشر من قبل الانسان بواسطة الآبار التى يحفرها، وهذا هو المخزون الحقيقى للمياه الأرضية. ولأن تسعة المياه الجوفية أكثر من ٧١٥٠ x ٣١٠ كيلو متر مربع من الماء، وهذا ما يعادل ٥١٦٨ ٪ من مجمل ماء الأرض (على موسى، ١٩٨٢)

الدورة المائية (الهيدرولوجية)

ان الدورة المائية العامة تعطى صورة مصغرة لما يجرى فى الطبيعة من انتقال للماء من الأرض الى الجو والعكس. والشكل التالى (شكل رقم: ٥-٥) يمثل دورة الماء فى الطبيعة.



شكل رقم، (٥-٥) الدورة المائية العامة

ويكون التساقط بشكل غير متساوي بين اليابسة والمحيطات. فاليابسة تتلقى سنوياً قرابة ١٠٨ ألف كم^٣، بينما تتلقى المحيطات حوالي ٤٠٩ ألف كم^٣. ويمكن ذكر أن كمية مقدارها ٤٦ ألف كم^٣ مما يتلفاه سطح اليابسة تفقد بواسطة التبخر. وهكذا يوجد فائض مائي، إما أن يجري فوق السطح أو يتسرب عبر فراغات السطح ليشكل الماء الجوفي. وتحدد الموازنة المائية لأي منطقة بالعلاقة الثانية:

$$P = E + G + R$$

حيث

$$P = \text{التساقط.}$$

$$E = \text{التبخر.}$$

$$G = \text{المتسرب ضمن التربة نحو الاعماق.}$$

$$R = \text{الجريان السطحي.}$$

ويمكن أن يهمل العنصر G لأن كميات المياه المخزونة في الجو أو في اليابسة والمحيطات تبقى ثابتة نسبياً من سنة إلى أخرى.

ومن ثم فإن العلاقة تبسط الى الشكل التالي:

$$P = E + R$$

وباستعمال هذه العلاقة بالنسبة لليابسة نجد أن:

$$١٠٨٠٠٠ = ٦٢٠٠٠ + ٤٦٠٠٠$$

أما بالنسبة للمحيطات:

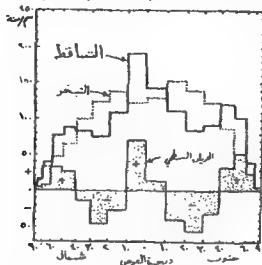
$$٤٠٩٠٠٠ = ٤٥٥٠٠٠ - ٤٦٠٠٠$$

وبالنسبة لكامل كوكب الأرض:

$$٤٥٥٠٠٠ + ٦٢٠٠٠ = ٤٠٩٠٠٠ + ١٠٨٠٠٠$$

ومن خلال حسابات مكتب الطقس في الولايات المتحدة لفترات طويلة، وجد أن معدل كمية المطر السنوية الساقطة فوق يابس الولايات المتحدة يقارب ٦٥ سم بجانب قرابة ١٠ سم من الثلج سنوياً. ومن هذه الكمية (٧٥ سم) فإن ٥٤ سم تفقد عن طريق التبخر والذبح، بينما الـ ٢١ سم الباقية تفقد عن طريق الجريان السطحي والتسرب. وفي أية فترة زمنية فإن أنجو يكون محتويها على قرابة ٢,٥ سم من الماء القابل للتساقط، وبهذه الصورة تتم الدورة المائية في الولايات المتحدة. ومن حسابات

الموازنة المائية لاجزاء الأرض المختلفة يتضح أن المناطق التى فيها فائض مائى هى المحصورة بين دائرتى عرض ١٠ شمالاً وجولياً، وخارج دائرتى عرض ٤٠ شمالاً وجنوباً تجاه القطبين، كما هو مبين فى (الشكل رقم: ٥-٦).



شكل رقم: (٥-٦)

الموازنة المائية لأجزاء كوكب الأرض المختلفة

- علم المياه الهندسي (الهيدرولوجيا الهندسية)

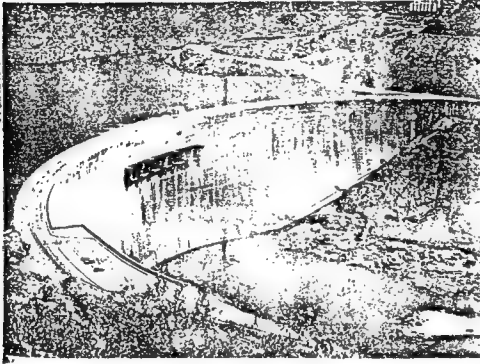
تتمثل الجوانب التطبيقية لعلم المياه فى السيطرة على المياه واستغلالها لخدمة المجتمع وتنمية البيئة وذلك انطلاقاً من الظروف المناخية السائدة .

وهناك ثلاثة مجالات أساسية فى ذلك وتتمثل فى:

١- ضبط فيضانات الأنهار، تحدث فيضانات الأنهار عندما تتدفق نحو مجاريها كميات غزيرة من الماء الساقط عقب عاصفة مطرية شديدة، أو عقب موجة حارة تذيب كميات كبيرة من الثلوج. وينجم عن تلك الفيضانات أضرار بالغة، والجدول التالى يبين أهم الفيضانات التى حدثت ببعض الأنهار وتواريخها والاضرار التى نجمت عنها.

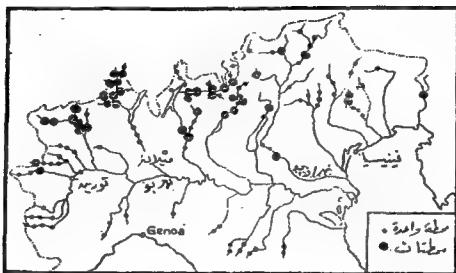
ولذا فإن الحاجة ماسة للحد من الاضرار التى تنجم عن الفيضانات، ويمكن أن يتم ذلك عن طريق انشاء خزانات مائية كبيرة على الأنهار كما فى خزان السد العالى (بحيرة ناصر) فى مصر، وخزان سد كاريبا على نهر الزمبيزى (شكل رقم: ٥-٧) وخزان كورافيل على نهر ايووا (الولايات المتحدة)، وكما هى الحال فى الخزانات المقامة على، ونهر الفولجا فى روسيا. ويتطلب اقامة مثل تلك الخزانات التى تشاهد فى معظم أنهار العالم دراسات مائية عدة، اذ يجب معرفة كمية الأمطار الساقطة سنوياً

وفصليتها، وكمية المتصرف منها فى أوقات الفيضانات وحمولتها من المواد الصخرية المنفتحة والآثار التى تتولد عن تلك الحمولة المترسبة أمام السد.



(شكل رقم ٧-٥) خزان سد كاريبا على نهر الزمبيزي بافريقيا

٢. تخزين المياه السطحية، لا يقتصر التخزين على مياه الأنهار الكبرى، التى تكون الغاية منها تنظيم جريان النهر للحد من مخاطر الفيضانات من جهة ومن جهة أخرى للاستفادة من الماء فى فترات الجفاف، بل يتعدى الأمر ذلك الى إقامة العديد من الخزانات التجميعية على أودية تجمع المياه الساقطة فى فصل المطر. للاستفادة من تلك المياه المتجمعة فى مجال الزراعة وتربية الحيوان. وإقامة السدود السطحية تستدعى دراسات عدة منها: سعة حوض التصريف، وكمية المياه الساقطة فى فصل الأمطار، وطبيعة الأرض، ونسبة المياه الجارية فوق السطح.



(شكل رقم: ٨-٥) محطات القوى الكهربائية - الهيدروجية

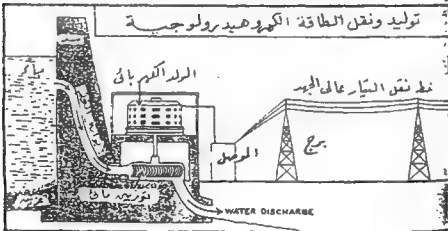
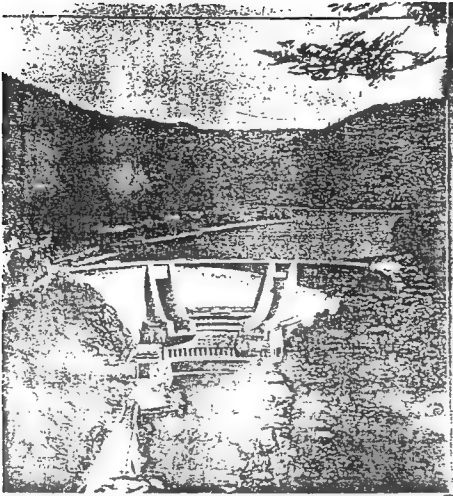
هي المنابع العليا للأنهار في شمالي إيطاليا

٤- المياه وسيلة نقل، أن صلاحية المجارى المائية للملاحة تحددها الظروف المناخية من جهة والعقبات التي تعترض المجرى النهري من جهة أخرى. فحيثما تكثر أماكن المساقط المائية والشلالات نقل صلاحية المجرى للملاحة، كما أن كمية المياه المنصرفة وعمق المياه له الدور الأكبر في الملاحة، بجانب كون انخفاض درجة الحرارة إلى دون مستوى التجمد بحيث تتجمد مياه الأنهار والبحيرات وحتى البحار يوقف أعمال الملاحة.

ثانياً، المناخ والتربة

التربة هي ذلك الجزء من سطح الأرض المكون من خليط من مواد صخرية متفتتة ومواد عضوية تمتد فيها جذور النبات مستمدة منها ماءها وغذاءها. وعلى الرغم من أن التربة تقتصر على الجزء السطحي المتفتت فقط، إلا أنها تعد أهم شئ بالنسبة للإنسان، فهي الوعاء الذي يحتوى على نباتات الأرض، تلك النباتات التي تشكل مصدر الغذاء الرئيسى للحيوان والإنسان.

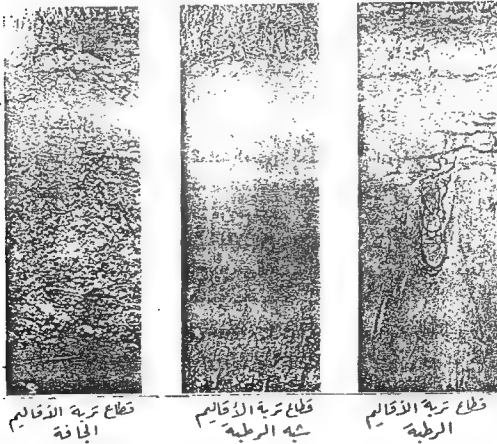
والتربة هي محصلة تفاعل مجموعة من العناصر مع بعضها، وهذه العناصر هي: المادة الأصلية أو صخر الأساس، المناخ، والتضاريس، والحياة النباتية والحيوانية، والزمن. ومن العناصر الخمسة المذكورة، فإن ثلاثة منها تكون مرتبطة بشكل أو بآخر



(شكل رقم ٩-٥) توليد الطاقة الكهربائية من الجريان المائي للأنهار

بالمناخ. فالتضاريس على الرغم من أنها تؤثر على المناخ، إلا أنها تتأثر تأثيراً كبيراً بالمناخ، بل نجد أن التربة تختلف من جزء إلى آخر من سطح الأرض المتفاوت في شكله. والحياة النباتية والحيوانية ما هي إلا انعكاس غير مباشر للمناخ الذي يحدث. نموذج النبات أو الحيوان الموجود في هذه المنطقة أو تلك. وأهمية عنصر الزمن تتضح في ازدياد عمليّة تفتت الصخور بازدياد تعرضها لعوامل التجوية المتمثلة في عنصرى المناخ من حرارة وأسنان.

ويفوق أثر المناخ في تكوين التربة أثر المادة الصخرية الأصلية، وهذا ما يستدل عليه من اختلاف التربة بين منطقتين ذات تركيب صخرى واحد. مع اختلاف الظروف المناخية بينهما، والتشابه بين تربة منطقة مناخية واحدة رغم اختلاف التركيب الصخرى لها. أيضاً ذو دلالة على دور المناخ البارز. فلما ازدادت درجة الحرارة وارتفعت كمية الرطوبة ازدادت تفتت التربة طبيعياً وتحللها كيميائياً، وينشط التفتت الطبيعي بازدياد الفرق الحراري. وكما ازدادت كمية الأمطار كلما نشطت عملية الغسل السطحي للتربة (شكل رقم ١٠ - ٥).



شكل رقم: (١٠-٥)، أثر المناخ على تكوين قطاعات التربة

وتتألف التربة من آفاق مختلفة أو طبقات، وهي الآتية ابتداء من السطح :

الأفق A - السطح الطولى من التربة Topsoil، وهو الجزء العلوى المتماس مع الغلاف الجوى، ويحتوى على المواد العضوية المتحللة أو التى تكون قيد التحلل، كما وتكون نسبة الغسل والانجراف فيه على أشدها.

الأفق B - ما تحت الحرية Supsoil؛ ويحدث فيها : اكتم المواد العضوية والصلصال، وتكون ذات لون قاتم.

الأفق C - الصخر الأساسى المتفتت بالتجوية.

الأفق D - الصخر الأصيل؛ وهو الذى تتركز فوقه الطبقات السابق ذكرها.

ويشار الى تلك الآفاق أحيانا بالطبقات. إلا أنه ليس ضرورياً أن توجد كل تلك الآفاق أو الطبقات فى أى تربة كانت. كما أن تحديد تلك الآفاق فى بعض التربات لا يخلو من بعض الصعاب.

وتجدر الإشارة هنا إلى بعض المصطلحات المستخدمة فى دراسة التربة؛ فالصلصال Clay يتركب من جزئيات قطرها أقل من ٠.٠٠٥ مم، والسلت Silt أو الغرين كمواد كانت أقطار جزئياته بين ٠.٠٠٥ - ٠.٠٥ مم، ويصل قطر جزئيات الرمل والحصى إلى ٢ مم. وباستخدام تلك المتغيرات الثلاث يمكن اشتقاق الكثير من نسيج أو قوام التربة Soil texture المتنوعة، فاللوم (الغرين) يتكون من ٥٠ ٪ رمل و ٥٠ ٪ صلصال.

. ويمثل الدبال (Humus) المادة العضوية المتحللة فى التربة والتى تضاف عليها مزيداً من الخصوبة، وتقوم هذه المادة البنّية الغروية بالمساعدة فى تشكيل المحاليل التى تمكن النبات من الاستفادة من مواد محددة منها. وترتبط عمليتي الغسل (نقل المركبات المعدنية أو العضوية بالاذابة) والانجراف (نقل المواد الغروية الصلبة الصغيرة) ارتباطاً وثيقاً بالمناخ، خاصة عنصر الأمطار، حيث تحدد كمية الأمطار الساقطة وشدة نسبة المواد الممسولة والمنجرفة.

وإذا كان للمناخ تأثير على خصائص التربة، فإن دوره أساسياً يكون فى تكوينها ومعدل تكوينها. ويعكس المثال التالى أهمية المناخ؛ فإذا ما ازدادت رطوبة التربة حتى أصبحت ممثلة بالماء، فإن الهواء ضمن فراغات التربة يقل كثيراً، ويصاحب ذلك تناقص فى عدد البكتريا، ويقل تحلل بقايا النباتات بحيث تصبح التربة ذات حامضية بسيطة. وتقاس قلوية أو حامضية التربة بقيمة pH (قياس كمية تمرکز الهيدروجين فى التربة)، فالترربة المحايدة هى ما كانت قيمة pH فيها ٧.٠، أما التربة الحامضية فتتراوح فيها قيمة pH بين ٤.٥ - ٦.٩، وتكون التربة قلوية إذا كانت قيمة pH أكبر

من ٧. وتعد التربة التي تكون قيمة pH فيها بين ٦.٠ - ٦.٥ أفضل أنواع التربة لنمو المحاصيل، وهذا يعني أن التربة حامضية. وإذا كانت الحموضة تنخفض من عمل البكتيريا الهام، فإن القلوية تعيق النباتات من استعمال العناصر النادرة المحدودة في التربة.

ويلعب انخفاض درجة الحرارة دون مستوى التجمد دوراً هاماً في تحديد بنية التربة في مناطق معينة، فإذا ما كانت التربة تتغذى باستمرار من خزان الماء الأرضي. وإذا ما خضعت هذه التربة إلى درجات حرارة دون مستوى التجمد فإن طبقات الجليد ستتم باستمرار و سيرتفع (يتقرب) عندئذ سطح الأرض. وهذا الرفع الصقيعي Heave كما يعرف، يجب أن يؤخذ في الحسبان. حيث تصل عملية الرفع أحياناً إلى ١٥ سم أو أكثر. وما أن ترتفع درجة الحرارة ويذوب الجليد حتى تأخذ المنطقة التي كانت خاضعة لانخفاض درجة الحرارة أو التجمد بالتحول إلى منطقة مستنقعية. وفي بعض المناطق التي تخضع لدورة تجمد وذوبان تستغرق ٢٤ ساعة كما هي الحال في الجبال المدارية فوق مستوى ٤٠٠٠ م عن سطح البحر، فإن العملية ستقود إلى جبل جزئيات التربة تتخذ أشكالاً متشابهة ذات أحجام منتظمة نسبياً (على موسى، ١٩٨٢).

- تصنيف التربة حسب درجة تأثرها بالمناخ

لقد وضع العديد من التصنيفات للتربة في العالم اعتماداً على درجة فاعلية كل عنصر من العناصر المكونة للتربة ومدى أهميته، وكان للمناخ أساس في ذلك نتيجة لما يلاحظ من علاقة ارتباطية بين التربة والمناخ ولما يمارسه المناخ من تأثير مباشر وغير مباشر على التربة. وبناء على هذا قسمت التربة إلى ثلاثة أقسام رئيسية هي:

١- التربة النطاقية Zonal Soils

تتميز التربة النطاقية بأن تأثير صخر الأساس فيها يكون محدوداً جداً، ذلك أن عمليات مثل الغسل والتجفاف هي المحدد الرئيسي لخصائص تلك التربة، هذه العمليات مرتبطة ارتباطاً مباشراً بالمناخ (شكل رقم: ١١ - ٥). فالصخر الأساسي الغريني في المنطقة المدارية يعطى تربة مغايرة للتربة التي يعطيها الجرانيت في المناخ البارد. فهذه التربة تحدد بفعل التأثيرات المناخية والحيوية، وتتوافق توزيعها مع الأقاليم المناخية الكبرى. ومما يميز هذه التربة أن تحديد أفاقها يمكن أن يتم بسهولة، حيث أنها قطعت شوطاً كبيراً في مرحلة التطور.

وقبل الإشارة إلى أنواع التربة النطاقية - المتوافقة مع الأقاليم المناخية - لابد من تحديد بعض المصطلحات المستخدمة في هذه الدراسة، ومنها:

- التربة **Laterization**؛ حيث الغسل السريع للسيليكا بفعل التساقط الغزير والحرارة المرتفعة.

- البذرلة **Podzolization**؛ وتتم هذه العملية في حال غسل الحديد والسيليكا من الأفق العلوي (A).

- البذرول **Podzol**؛ تربة ذات حامضية مرتفعة مع طبقة سطحية غنية بالمواد النباتية.

- التربة البذرولية؛ تربة حامضية، إلا أن حامضيتها ليست مرتفعة جداً، وتنتم بأن المادة العضوية بها قليلة نسبياً عند السطح.

- التشرونوزم؛ تربة تتميز بأن الأفق A فيها غنياً بالمادة العضوية، غير أن نسبة الجير فيها منخفضة. وهي تربة خصبة جداً.

- تربة البراري؛ تتميز بوفرة المواد العضوية المحللة في الأفق A، وعملية الغسل والانجراف فيها محدودة جداً بسبب قلة الأمطار، وهي تربة خصبة.

- التربة الكستنائية والبنية؛ ويتميز بكون المادة العضوية فيها أقل من تربة البراري كما أن تجمع الجير يكون أقرب إلى السطح، وهي تربة قلوية نوعاً ما.

- السيروزيم **Sierozems**؛ تربة آفاقها غير محددة، الدويل فيها قليل، والجير قريب إلى السطح.

وبالانطلاق من تلك المصطلحات التي تساعد على تفسير نماذج التربة المتباينة مع تباين الظروف المناخية، يمكن تمييز أنواع التربة النطاقية التالية المتوافقة مع الأقاليم المناخية الكبرى:

الأقاليم الحارة؛ وتميز فيها التربة التالية:

(أ) تربة الغابة المطيرة والسافانا الرطبة، وتتميز بأن درجة الحرارة فيها عالية، كما أن انجراف المواد القلوية يجعل التربة هناك حامضية، وكمية الدويل أيضاً منخفضة. وهي تربة غير خصبة، ولونها يميل للأحمرار.

(ب) تربة الحشائش المدارية؛ وهي غنية بالدويل أكثر من التربة السابقة، وأكثر خصوبة، إلا أن خصوبتها تستنفذ بسرعة، ولونها قاتم.

(ج) تربة الصحارى، وتتميز بأن المادة العضوية فيها قليلة، والجير يكون متجمعا قرب السطح.

الأقاليم الدافئة؛ ويميز فيها الأنواع الآتية من التربة:

(أ) تربة أقليم البحر المتوسط؛ الغسل فيها محدود، غنية بالجبر الذي يوجد حتى عمق كبير.

(ب) تربة أقليم شرق القارات؛ وتكون تلك التربة ملترنة، وفقيرة بالمواد العضوية.

(ج) تربة الصحارى؛ مثلها فى ذلك مثل صحارى الاقاليم الحارة

الاقاليم المعتدلة البرودة والباردة، ويميز فيها:

(أ) تربة المناطق الرطبة؛ وهى تربة بودزولية، تحتوى على طبقة رقيقة من الدوبال.

(ب) تربة مناطق الأمطار المتوسطة (المروج)؛ كمية الدوبال فيها مرتفعة، والغسل محدود، وهى تربة خصبة.

(ج) تربة مناطق الأمطار القليلة (السهوب)؛ طبقة الدوبال بها عميقة، والجبر مجتمع فيها بعمق للأسفل، وهى حافظة للماء، وخصبة جداً.

(د) تربة مناطق الصيف القصير (التندرا)؛ وهى تربة لاهوائية، كمية الدوبال فيها قليلة، وهى حامضية جداً.

وينصح من الشرح المختصر السابق لأنواع التربة الرئيسية أهمية المناخ فى بناء التربة وتطورها.

٢- التربة بين النطاقية Intra Zonal Soils، ٢- والتربة اللانطاقية Azonal Soils،

على الرغم من أن اعتماد التربة بين النطاقية على المناخ يكون محدوداً جداً، إلا أن العلاقة بين تلك التربة والمناخ تبدو واضحة فى كثير من الأحيان. فالتربة الملحية والقلوية (Halomorphic Soils) غالباً ما تتشكل فى المناطق الجافة حيث يؤدي التبخر الشديد الى تبخير الماء السطحى وبقاء الأملاح التى تتزايد مع الزمن، والناجمة إما عن تحلل الصخور الرسوبية الحاوية على الاملاح، أو من تصاعد الأملاح مع الماء بالخاصية الشعرية من تحت السطح، أو من رى التربة بماء يحتوى على الأملاح. وتتصف التربة الملحية والقلوية بعدم صلاحيتها للزراعة ما لم يتم غسل أملاحها. ومن التربة بين النطاقية التى يظهر بين تشكلها والمناخ علاقة واضحة هى التربة المائية التى هى خصيصه مميزة لمناطق التصريف الفقيرة كالمستنقعات التى توجد حينما يتجمع ماء المطر المنساب فوق المرتفعات تجاه المنخفضات والماء المترشح من الأراضي المجاورة ليشكل فى تلك المناطق المائية تربة غدقة. وفى هذه التربة نجد أن التضاريس تلعب دوراً بارزاً.

أما التربة اللانطاقية، فهي تلك التربة التي لم يتوفر لها الزمن الكافي لتطور أفاقها، وبالتالي لا يمكن تحديد تلك الآفاق. لذا فمن النادر أن يلاحظ وجود علاقة بين تلك التربة وبين الأحوال المناخية، على الرغم من أن تربة كالريجو سول، وأيضاً تربة اللوس توجد في مناطق معينة دون سواها. فتربة "الـ" تتشكل بفعل انتقال جزيئات التربة من منطقة إلى أخرى بواسطة الرياح حيث يتم ترسيب تلك الجزيئات، المنقولة حالما يسقط المطر، وبالتالي تكون منطقة الترسيب بعيدة عن المصدر المنقول منه. أيضاً فإن التربة الطمية التي تتشكل على طول الميهول الفيضية للأنهار هي من التربة اللانطاقية، ويحدد امتداد هذه التربة وعمقها كمية الماء الجارى، وسرعة تدفقه، وتبدل أحواله بين التحاريق والفيضان، والتي ترتبط نفسها بالدورة المائية.

ثالثاً: المناخ والنبات

ليس الغرض من هذا الجراء مناقشة نشأة النبات، وإنما الغرض هو البحث عن العوامل المختلفة التي أدت إلى تطور المجتمع النباتي، وتباين التجمعات النباتية بين منطقة وأخرى ولا بد هنا من بيان الدور الذى يلعبه المناخ فى تحديد نوع النبات الذى ينمو فى منطقة معينة دون سواها. وفى الجراء السابق أوضحنا كيف أن تربة التربة كان إلى درجة كبيرة من فعل المناخ والنبات، وفى هذا الجراء سنحاول توضيح العلاقة القائمة بين النبات والمناخ والتربة. ذلك أنه إذا كانت التربة تمد النبات بالمواد المغذية، فإن المناخ يحدد شكل النبات السائد ونوعه، وعنصر المناخ الرئيسيين الحرارة والمطر هما الأكثر أهمية فى تأثيرهما على النباتات الطبيعية.

ومن الممكن تقسيم النباتات إلى خمسة أنواع حسب درجة احتياجها للماء:

- ١ - النباتات الجافة Xerophytes ؛ هي تلك النباتات المتكيفة مع ظروف الجفاف.
- ٢ - النباتات المعتدلة Mesophytes ؛ وهي نباتات تحتاج إلى كمية معتدلة من الماء.
- ٣ - النباتات المائية Hygrophytes ؛ هي تلك النباتات التي تعيش إما فى الماء أو فى المناخات الرطبة جداً.
- ٤ - النباتات الهوائية Epiphytes ؛ وهي نباتات تعتمد حاجتها من الماء من رطوبة الهواء. ولذا فإنه من الضرورى أن تكون الرطوبة النسبية مرتفعة حتى تتمكن هذه النباتات من البقاء.
- ٥ - النباتات المتقلبة Tropophytes ؛ وهي نباتات يمكنها أن تتكيف مع أى ظروف، تتحمل الجفاف، كما أنها تتحمل وفرة الماء.

ولكى تتغلب النباتات الحافة وتلبى احتياجاتها من الماء فأنها تستخدم إحدى الطرق الثلاث التالية؛

أ - وجود لحاء شمعى سميك وأوراق صلبة، بحيث تقل نسبة الفاقد من الماء بالنتح.

ب- تخزين الماء ضمن أنسجة النبات، كما فى نبات الصبار.

ج- تغفل الجذور باتجاه الأعماق نحو مواقع الرطوبة تحت الأرضية.

ويبدو أن معظم النباتات يتوقف نموها عند انخفاض درجة حرارة التربة الى ما دون ٦ م. إذ أن درجات الحرارة المنخفضة جدا تجعل قدرة النبات على امتصاص الماء قليلة، وبالتالي فإن النبات يعجز عن تعويض الكمية المفقودة منه بالنتح. كما أن درجات الحرارة المؤدية للتجمد يمكنها أن تؤذى خلايا النبات مسببة جفافه وحدث تغيرات كيميائية فيه. أما درجات الحرارة المرتفعة فتؤدى إلى تزايد كمية المياه المنتجة وفى حال عدم وجود مصدر دائم للماء يوفر للنبات احتياجاته، فإن النبات سوف يذبل، ومن ثم قد يتعرض للموت.

المجموعات النباتية الكبرى وتوافقها مع المناخ؛

ترتبط كثافة الغطاء النباتى ونوعيته ارتباطاً شديداً بالظروف المناخية، حتى أن البعض يعد النبات بمثابة المرآة التى تنعكس من خلالها الاختلافات المناخية. فكل نوع نباتى يسود فى منطقة مناخية معينة، فالأشجار صفة للمناخ الرطب. بينما تقل الأشجار ويزداد نمو الحشائش كلما أنتقل المناخ إلى الجفاف، وفى المناخات الجافة تقل النباتات كثيراً إن لم نعد.

وتتمثل المجموعات النباتية الكبير والتي توافق مع ظروف مناخية معينة، فيما يلى (شكل رقم : ١٢-٥)

أولاً: الغابات؛

رغم كثرة التعريفات للغابة والأراضى الشجرية، إلا أن التداخلات الكثيرة فى تلك التعريفات والتي زادت من حداثتها أنها باتت ضمن لغة الحديث اليومى العادى ولذا فإن الأمر يتطلب تحديد ذلك بدقة، فالغابة؛ هى مساحة من الأرض غير المزروعة والمغطاة بالأشجار بشكل كامل تقريباً، وغالباً ما تحتوى الغابة على أكثر من طبقة تاجية (مظلة). وإذا قلت كثافة الأشجار فإن الغابة تعرف بالأرض الشجرية، فهى أرض غطاؤها الرئيسى الأشجار. إلا أن تيجان الأشجار أقل تلاصقاً مما هى الحال فى الغابة. وغالباً ما يستعمل اصطلاح الجونجيل Jungle؛ لوصف كتلة كثيفة من النبات (غابة مدارية موسمية مع وفرة فى النباتات التى تنمو فى أرضيتها)، وهى أرض غير مزروعة.



(شكل رقم ١٢، ٥) توزيع الأقاليم النباتية في العالم

وعلى الرغم من أن مناطق الغابات والأراضي الشجرية تدل على وجود مناخ رطب، إلا أن فصيلة المطر واختلاف درجة الحرارة يجعل هناك اختلافات ما بين تلك المناطق، بحيث يمكن تمييز تسعة أنواع مختلفة من الغابات والأراضي الشجرية.

١- الغابة الاستوائية الدائمة الخضرة Silva (الغابة المطيرة Rain Forest)،

على الرغم من وصف الغابة الاستوائية بأنها دائمة الخضرة فهذا لا يعنى أن أوراقها دائمة لا تتساقط أبداً، فأوراقها تتبدل، ولكنها تتجدد فور سقوطها ولا تتساقط الأوراق دفعة واحدة لأن تساقطها ليس عائداً لأسباب مناخية، وهذا ما يجعلها أنواعها متباعدة عن بعضها، الأخضر باستمرار، ولا يرب أن كثافة اشجار الغابة يجعل أنواعها متباعدة عن بعضها، حيث يندر أن تتجمع الاشجار مع بعضها البعض. ومن أهم أشجار تلك الغابة: الاينوس، والماهوجلى، والمطاط، واللينا (المسقات الخشبية) بجانب وفرة من النباتات الهوائية (الهوائيات). ولقد أثر الإنسان على التوازن البيئي الطبيعي للغابة، حيث قام بإزالتها من بقاع متعددة ليزرع بدلا منها زراعات معيشية، كما استثمر جزءا من اشجارها، وهذا مما يؤدي إلى نفاذ ضوء الشمس إلى داخل الغابة ناجما عن ذلك وفرة في النباتات التحتية. محولا الغابة الأصلية في بعض الأماكن الى ما يعرف بالجونجيل. وفي الأماكن التي أزيلت أشجارها نمت أشجار ضخمة كالموز، والموز الأفريقي، والزنجيل. ومع تزايد الارتفاع عن سطح البحر تأخذ الاشجار الصنوبرية بالظهور، كما في أشجار الأرز والعمر.

٢- الغابة شبه النفضية المدارية (الغابة الموسمية)

في مناطق التمايز المناخي الفصلى، حيث تسقط الامطار في نصف السنة الصيفي، ولكن مع وفرة في كميتها، تسود غابة تعرف بالغابة الموسمية التي تسود فيها بعض الاشجار الدائمة الخضرة، إلا أن الغالب عليها هي الأشجار النفضية، ومن الأشجار النفضية السائدة أشجار الساج (التيك).

٣- الغابة الشوكية المدارية

وتوجد عادة في المناطق التي تطول فيها فترة الجفاف، ومن أشجارها الآكاسيا (العائلة السنطية) بأنواعها المتعددة.

٤- الغابة الصلبة الأوراق Sclerophyllous Woodland

وأشجارها من الدوع الصلب، وورقها يقاوم الجفاف عن طريق التقليل من كمية نتح الماء منها. وتسود تلك الأشجار في مناطق مناخ البحر المتوسط حيث فصل الصيف الجاف الطويل. وتتضمن أراضي الاشجار هذه على العديد من الصنوبريات،

وبعض النباتات الدائمة الخضرة - كالبلوط -، والنخيل، والعديد من الشجيرات - كالغار، والاكاليبتوس (الكافور) .

٥- الغابة المعتدلة Mesophytic Woodland:

وتتمثل في المناطق شبه المدارية التي تسقط فيها كميات معتدلة من الأمطار على مدار السنة. ومن أشهر هذه الغابة: النخيل، وأشجار متساقطة الأوراق. وبعض الصنوبريات، والآكاسيا. أشجار السرخس.

٦- الغابة المعتدلة الباردة (الأشجار المتقلبة) Tropophytic Woodland

وتسود هنا الأشجار التي تسقط أوراقها بسبب الانخفاض الحرارى فى فصل الشتاء، وما أن يأتى الصيف حتى تظهر الأوراق بانهضة خضراء. وهذا ما يشاهد فى الأجزاء الغربية من القارت بالدرجة الأولى فيما بين دائرتى عرض ٤٠ - ٦٠ تقريباً، حيث يكون التساقط تقريباً بشكل دائم والحرارة معتدلة صيفاً ومنخفضة شتاءً. ومن أهم أشجار هذه الأراضى؛ الدردار، وأنزان، والبلوط، وفى بعض الأحيان تتداخل الأشجار الصنوبرية مع الأشجار المتساقطة الأوراق.

٧- الغابات الصنوبرية:

وتعرف بالغابات المخروطية الدائمة الخضرة بالدرجة الأولى (صنوبر، شربين، تنوب فضى، أرز) مع نسبة قليلة من الأشجار النفضية (زان، حور، صفصاف). وتتوافق تلك الأراضى الغابية مع المناخ الذى يتصف بالشتاء البارد الطويل. والصيف القصير الذى لا يقل متوسط حرارة الشهر الحار فيه عن ١٠م، وذلك فيما بين دائرتى عرض ٥٠ - ٧٠ تقريباً، وعدد الهوامش الشمالية المجاورة لأراضى التندرا.

٨- الغابة الجبلية

وتوجد بصورة رئيسية فى المرتفعات المدارية وشبه المدارية. حيث تسقط الأمطار طوال السنة. وتدعى هذه الغابة أحياناً باسم غابة السحب Cloud forest وتحتضن عدداً كبيراً من الهوائيات، والمتسلقات، والأشجار السرخسية، كما نجد من ضمنها غابات الخيزران.

٩- غابات الماء (المانجروف)

وتظهر فى المناطق المستنقعية، كما فى مستنقعات المانجروف فى المناطق المدارية. ومستنقعات السرو Bald Cyress فى المناطق شبه المدارية.

ثانياً: النباتات الشجيرية Shrubland، والحشائش Grassland

الشجيرات أو الادغال هي نباتات خشبية منخفضة قليلاً، لها جذع صغير وقد تكون دون جذع. أما الحشائش فهي أية نباتات تنتمي إلى العائلة النجيلية، ولذلك نجدها تتضمن القمح والحبوب الأخرى، والخيزران، وقصب السكر، وأنواع أخرى. ويستخدم اصطلاح أراضي حشائشية للدلالة على منطقة تسود فيها حشائش عشبية خلال فترة من السنة لا تقل عن بضعة أشهر.

ومن الممكن تمييز سبعة أنواع من النباتات الشجيرية والحشائشية؛

١- الحشائش المدارية

وتتمثل في السافانا الأفريقية، وأراضي اللانوس والكامبوس في أمريكا الجنوبية، حيث الشتاء الجاف، والصيف الممطر الذي تنمو فيه الحشائش الطويلة جداً (حشيشة الفيل) وبعض الأشجار كالأكاسيا (السلط). والبواباب.

٢- الحشائش المعتدلة

وتعرف بالبراري، ويكون الغطاء الحشائشي فيها متوسط الطول، وتسود في مناطق المناخ المعتدل.

٣- حشائش المراعي المعتدلة

وتختلف هذه الحشائش عن البراري، في أنها تنمو في المناطق التي تسقط فيها أمطار منتظمة إلى حد ما وبشكل ملائم، وهذه الحشائش تتراوح بين كونها قصيرة إلى متوسطة الطول. وحيثما تنمو تلك الحشائش في المناطق التي تتراوح أمطارها السنوية بين ٥٠٠ - ٧٥٠ مم توجد أفضل أراضي الرعي في العالم.

٤- الحشائش المعتدلة الباردة

حيث تكون كمية الأمطار أقل من النوع السابق، تنمو حشائش قصيرة في مناطق السهوب، حتى لجد أن اصطلاح «سهب» يشير إلى تلك الحشائش. والأمطار تسقط في فصل الصيف، وكميات تقل عن ٥٠٠ مم سنوياً.

٥- المروج والحشائش المعتدلة المائلة للبرودة

وهي أراضي فقيرة بالنباتات، حيث تكون الأرض مكشوفة، كما أن التربة في هذه الأراضي فقيرة. ويمكن أن يوجد فيها بعض الشجيرات من العائلة الخلدجية كالسرخسيات. وفي الأماكن التي يكون فيها التصريف ردياً تتشكل ظروف مستنقعية، أما في حالة التصريف الجيد، والرطوبة متوفرة، والتربة دافئة وخصبة فإن الأرض عندها تغطي بمروج ألبيبة أو جبليّة غزيرة وخصبة.

٦- الشجيرات الجبلية

وتتمثل في حزام من الخنجيليات، وتكثر نباتات اللوبيليا، والبابونج في المرتفعات المدارية.

٧- أراضي الادغال

وتعرف أيضاً باسم الحراج. وهي عبارة عن أراض مغطاة بغطاء نباتي كثيف من الشجيرات الدائمة الخضرة المحدودة الارتفاع والمختلطة أحياناً مع الأشجار. وفي مناطق هذه النباتات أما إن تكون الأمطار قليلة إلى حد ما أو أن تكون التربة فقيرة، والمنطقة النموذجية لزيادة تلك النباتات تتمثل في الأجزاء شبه الجافة من العالم على حافة الصحارى الحارة، والأمثلة عنها: الشابرال، والماكي، وتشبه تلك الأراضي الاحراج والابكات في المناطق المدارية، والتي تكون أحياناً كثيفة بحيث يصعب على الإنسان اختراقها.

ثالثاً: الصحاري

على الرغم، من أن الصحارى تحتل مساحة تقدر بحوالى ٣٠٪ من مساحة اليابس الأرض، إلا أن نسبة بسيطة منها تكون عارية جرداء تماماً. وإذا كانت النباتات قليلة جداً في مناطق الصحارى، إلا أن هذا يتوافق مع حالة الجفاف التي تسيطر في تلك المناطق. وإذا كان البعض يحدد المناخ الصحراوى بخط المطر السنوى ٢٥٠ مم، إلا أن درجة الحرارة قد تغير من فاعلية هذه القيمة من الأمطار، ذلك أن الجفاف لا يرتبط فقط بالأمطار، بل تلعب درجة الحرارة دوراً في تحديد فاعلية الأمطار الساقطة. ومهما يكن الأمر فإن الأراضي الصحراوية تتميز بجديها وعدم ملائمة الظروف المناخية لقيام حياة نباتية طبيعية.

ويمكن تقسيم الأراضي الصحراوية الى أربعة أقسام حسب النباتات المتمثلة فيها:

- ١- شجيرات وحشائش الصحاري، أراضي تسود فيها شجيرات جافة مع بعض الحشائش، وتوجد فيها مساحات كبيرة عارية من أى نبات.
- ٢- شجيرات صحراوية، أراضي شجرية نموها محدود جداً وجافة. والشجيرات خشبية. ذات أوراق عريضة متساقطة، ويكثر فيها المساحات العارية أكثر من النوع الأول.
- ٣- صحراء، أرض جرداء تماماً من أى نبات.

٤- التندرا، تتمثل في مناطق الصيف القصير التي لا ترتفع فيها درجة حرارة أكثر الشهور حرارة في السنة عن ١٠م، وحيث تظل الأرض من الثلج لفترة صيفية تكفى لنمو نباتات التندرا، نجد الغطاء النباتي متمثلاً في نباتات قليلة الارتفاع،

كالطحالب والاشنيات مع بعض النباتات المزهرة . وتأخذ الأرض فى الصيف
صفة مستنقعية . ومثل أراضى التندرا يشاهد فى أراضى المرتفعات المدارية فوق
خط الشجر وتحت خط الثلج الدائم .

الفصل السادس

المناخ وحياة الإنسان

(مع التطبيق على بيئة دلتا النيل)

المناخ وحياة الإنسان (مع التطبيق على دلتا النيل)

مقدمة

يعتقد البعض أن تطور الأمم ونقدمها في المسار الحضارى يرتبط بالمناخ بينما يرى البعض الآخر أن الأمم يمكنها التغلب على الصعوبات التي توجدها الظروف المناخية في مواجهة التقدم. ففي الأزمنة الأولى من تاريخ البشرية تطورت الحضارات الأولى في مناطق لم يكن للإنسان حاجة للصراع في بيئته ضد عوامل الطبيعة، كما أن المجتمعات الصغيرة، كالمجتمعات القبلية على سبيل المثال، حيث لم يكن الإنسان فيها يشغل نفسه بأمور الملابس والتدفئة بل كان يشغل نفسه بكيفية التغلب على الصعوبات التي قد يكون للمناخ دوراً في وجودها. إلا أنه بتقدم وتعدد نماذج الملابس ووسائل التدفئة تمكن الإنسان من حماية نفسه من التطرفات الحرارية الشديدة حينما وجد، من خلال تحسين نوعيه الملابس، ووسائل التدفئة، وتشديد المساكن الملائمة مع الظروف المناخية. وبهذا استطاع الإنسان أن ينقل الحضارة إلى مناطق كانت في بداية تاريخ الإنسان غير مأهولة بالسكان.

ولقد أثبت علم وظائف أعضاء الإنسان أن الإنسان يستطيع القيام بأعمال جسمية مضنية عند درجة حرارة فوق المظلي للعمل العقلي. ومع أن المناخ الأبرد من حرارة جسم الإنسان يقوم بدور تحذير، إلا أن الإنسان استطاع التكيف مع هذا المناخ بسهولة، وأن يتطور عقداً بسرعة أكبر في المناطق ذات المناخ البحري أو شبه البحري المائل للبرودة، وأن قسوة المناخ القارى كان من الصعب على الإنسان التغلب عليها. ولهذا فأن الفروق الحضارية بين منطقة وأخرى أرجعها البعض الى التباينات المناخية وما ينجم عن ذلك ن آفات وأمراض.

ومما لا ريب فيه ان الإنسان في الوقت الحالى لم يعد أسير ظروف مناخية معينة تفرض عليه نشاطاً محدداً أو نمطاً معيشياً معيناً، بل أن الإنسان بقدراته العقلية المتنامية أصبح متمكناً أكثر من أى وقت مضى من تغيير حالة الجو في أماكن محدودة على مستوى المسكن أو المصنع أو مكان العمل.

أولاً: المناخ وراحة الإنسان

ترتبط طاقة الإنسان وصحته ارتباطاً قوياً بعناصر المناخ أكثر من أى عنصر آخر من عناصر البيئة الطبيعية. فقد ثبت أن الوظائف الفسيولوجية للجسم البشرى تستجيب للتغيرات الجوية، كما أن اختيار كمية ونوع الغذاء والملابس وظهور بعض الأمراض وانتشارها يعكس أيضاً أثر الظروف المناخية عليها. وتحاول دراسة فى هذا الفصل أن توضح تلك العلاقات القائمة بين المناخ بعناصره المختلفة، كعنصر من عناصر البيئة الطبيعية، وبين راحة الإنسان.

درجة الحرارة وجسم الإنسان

يمكن النظر إلى جسم الإنسان على أنه شبيه بالآلة، وحيث أن الآلة لا تتحرك دون طاقة فإن الإنسان أيضاً يتطلب طاقة للبقاء على قيد الحياة. ومن هذا المنطق يمكن القول أن الإنسان العادى المتوسط الوزن يبذل طاقة تقدر بحوالى ٨٠ كيلو وحدة حرارية فى الساعة عندما يكون فى حالة ركود (نائم)، وهذه الكمية إذا لم تبدد فإنها يمكن أن ترفع حرارة الجسم قرابة درجة مئوية واحدة فى الساعة. وعندما يمشى الإنسان بمعدل سرعة ٥ كيلومتر/ساعة فإن كمية الطاقة التى يبذلها تصل إلى أكثر من ٢٠٠ كيلو وحدة حرارية/ساعة، وفى حال بذل جهد أكبر أثناء القيام بعمل جسمانى فإن هذه الكمية يمكن أن تزيد عن ٦٠٠ كيلو وحدة حرارية فى الساعة الواحدة. وإذا كان وزن الإنسان أكثر من ٧٠ كيلوجراماً فإن الأرقام السابقة تتغير، ذلك أن الحرارة التى يصرفها الجسم تكون متناسبة مع وزنه (و ^{٠.٧٦}) حيث (و) هى وزن جسم الإنسان.

وتزداد الحرارة التى يولدها الجسم فيما إذا كان الإنسان يحمل حملاً بالإضافة إلى وزنه. وهذه الزيادة تقدر بحدود ٣ كيلو وحدة حرارية/ساعة للكيلوجرام من الأحمال التى يصل وزنها حتى ٢٠ كيلو جراماً، ويعد الطعام المصدر الرئيسى لحرارة الجسم، فحوالى ٨٠٪ من الطاقة المتولدة ناتية من الجسم تستخدم فى نمو الجسم وتجديده وإنتاج الحرارة، بينما تتخذ ٢٠٪ الباقية كطاقة للأنشطة اليومية. وفى أثناء القيام بجهد عضلى فإن حوالى ٧٠٪ من الحرارة الناتجة تتبدد أو تفقد، وبالإضافة إلى هذه الحرارة المتولدة ذاتياً، فإن الإنسان يكتسب الحرارة من البيئة الطبيعية المحيطة به بواسطة الإشعاع والحمل والتوصيل - والشكل رقم (١-٦) يوضح توازن الحرارة فى إنسان ضمن بيئة طبيعية (على موسى، ١٩٨٢).

ويستطيع الإنسان أن يستمد كمية من الحرارة المشعة من البيئة فى حالة وجود سطح مشع واقع على خط مباشر مع الجزء الأكبر من جسمه، وهذا يمدّه بدرجة حرارة تزيد عن ٣٣م وهذه الدرجة هى المعدل التقريبي لدرجة حرارة الجلد أو سطح الجسم. ولقد

حرارة الهواء الملاصق له تزيد عن ٢٣م، وحركة الهواء المتعاسة معه تقدم الى الجسم حرارة أكثر. أما في حالة إذا كانت درجة حرارة الهواء أقل من ٢٣م فإن المرء يشعر بالبرودة من تأثير برودة الهواء المتحرك حوله. ويزداد فقد الحرارة من الجسم عندما تكون درجة الحرارة منخفضة وسرعة الهواء شديدة. ولقد درست قوة تبريد الهواء المتحرك، والتي تعرف بعامل تبريد الرياح Wind - Chill factor، ويعتمد هذا العامل على المعدل الذي يبرد فيه الجسم العاري، ويتغير عامل التبريد جذريا في حالة وجود الملابس، غير أن الشعور بالبرد عن طريق الأعضاء الخارجية من الجسم مثل، اليدين والوجه، يضبط هذا العامل بشكل مناسب الى حد كبير، وتبين العلاقة التالية كيفية حساب قيمة عامل تبريد الرياح (ك):

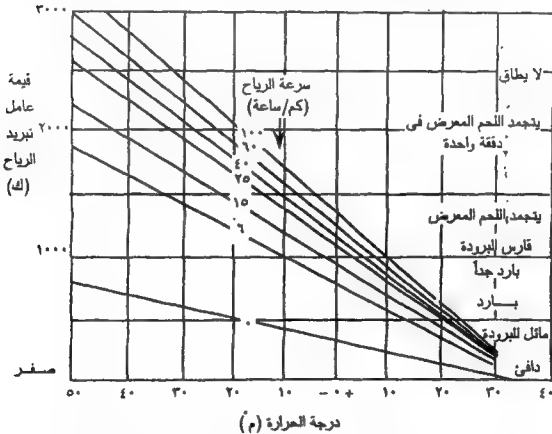
$$ك = (٣٣ - ح) (١٠ \sqrt{١٠.٥ + ر} - ١٠.٥)$$

ر = سرعة الرياح (م/ث)

حيث: ح - درجة الحرارة (درجة مئوية)

ك = عامل تبريد الرياح (كيلو وحدة حرارية/م^٢).

ويوضح الشكل (رقم: ٦-٢) تغير عامل التبريد مع درجة الحرارة وسرعة الرياح.



(شكل رقم: ٦-٢)، تغير درجة تبريد الرياح مع اختلاف درجة الحرارة وسرعة الرياح

وتتعدد درجة الاحساس بالبرودة من الجدول التالي،

الاحساس	قيمة عامل التبريد (كيلو وحدة حرارة/ ٢م)	الاحساس	قيمة عامل التبريد (كيلو وحدة حرارة/ ٢م)
بارد جداً	٨٠٠ - ١٠٠٠	حار	أقل ٥٠
قارس البرودة	١٠٠٠ - ١٢٠٠	دافئ	٥٠ - ١٠٠
يتجمد اللحم المعرض	١٢٠٠ - ١٤٠٠	لطيف (منعش)	١٠٠ - ٢٠٠
يتجمد اللحم المعرض	١٤٠٠ - ٢٠٠٠	مائل للبرودة	٢٠٠ - ٤٠٠
في دقيقة واحدة		أميل للبرودة	٤٠٠ - ٦٠٠
لا يطلق	٢٠٠٠ - ٢٥٠٠	بسارد	٦٠٠ - ٨٠٠

ويمكن أن تصل قيمة عامل التبريد (ك) الى ١٤٠٠ كيلو وحدة حرارية/م^٢ ضمن الحالات التالية:

- درجة حرارة - ٧° م وسرعة رياح ٧٠ كم/م.ث.
- درجة حرارة - ١٢° م وسرعة رياح ٣٠ كم/م.ث.
- درجة حرارة - ٢٣° م وسرعة رياح ١١ كم/م.ث.
- درجة حرارة - ٤٠° م وسرعة رياح ١٣ كم/م.ث.

ونشير البيانات السابقة إلى أهمية الدور الذي يلعبه تحريك الهواء عند درجات حرارة منخفضة، ويظهر منها أيضاً أن راحة الإنسان نقل كثيراً في المناخات البحرية في حال هبوب رياح شديدة السرعة، كما أنه يكون غير مرتاح في المناطق ذات المناخ القاري التي يخيم عليها هدوء نسبي خلال فصل الشتاء. ويكون توصيل الحرارة من الإنسان وإليه عادة قليل، وهذا يحدث عبر سنتيمتر واحد أو عدة سنتيمترات من الملابس، إلا أن النسبة ترتفع في حال استلقاء الإنسان على الأرض خاصة في الليل، بسبب أن كثيراً من الحرارة يمكن أن ينقل بالتوصيل من الجسم إلى السطح البارد المحيط به.

ويلعب الماء دوراً كبيراً في التنظيم الحراري لجسم الإنسان، فالجسم الذي يقعد الماء سيحصل على توازنه عندما تتوازن درجات الحرارة المستمدة من مصادر متنوعة مع المفقود من الجلد. إلا أنه ليس من الضروري أن يكون هذا التوازن مساوياً لمعدل درجة حرارة الاشعاع. وإذا ما أراد الإنسان أن يبقى حياً فطبيعاً أن يحافظ على درجة حرارة جسمه ضمن حدود معينة صغيرة.

الماء في جسم الإنسان

يتطلب تبخر جرام واحد من الماء (١ سم^٣) كمية من الحرارة تقدر بحوالي ٠.٦ كيلو

وحدة حرارية، ولذا فإن كوبا من الماء (٢٣٠ جرام) يلزمه كمية حرارة مقدارها ١٣٨ كيلو وحدة حرارية كي تبخر مياهه. وعندما ترتفع حرارة الجسم فإن مصدر تخفيفها يكون عن طريق تبخير المياه، أما بواسطة العرق أو بالتبخر المباشر للرطوبة من الرئتين والمجاري التنفسية العليا. وفي حالة إذا كانت درجة الحرارة مرتفعة (أكثر من ٣٠م) والرطوبة النسبية عالية (أكثر من ٥٠٪) فإن فقدان الحرارة عن طريق التنفس يكون أكثر من فقدتها عن طريق العرق. أما إذا كان الهواء مشبعاً ببخار الماء ودرجة الحرارة تزيد عن ٣٣ م فإن العرق يبقى الأهم في فقد الحرارة، ولكن إذا زادت درجة الحرارة عن ٣٧ م (أكثر من حرارة الجسم) فإن الإنسان يكون في حالة ضيق وارهاق، ويكون الهواء المفقود أثناء الزفير تقترب رطوبته النسبية من ٨٠ - ٩٠ ٪، وبذا فإن الحرارة المفقودة بالتنفس لا تكون عند نهايتها القصوى. وينبغي في هذه الحالة استخدام وسائل اصطناعية لتلطيف الجو، والا فإنه من الممكن حدوث انهيار جسمي بسبب الحرارة وربما يعقبه الموت، حيث أن ارتفاع درجة حرارة الجسم بضع درجات يسبب تلف خلايا المخ.

ولما كان الإنسان العادي (المتوسط الوزن) يحتوي جسمه على ثلثي وزنه ماء، فإن أي نقصان أو زيادة عن هذه النسبة المرتفعة بمقدار ١ ٪ يمكن أن يسبب اضطراباً فسيولوجياً جسيماً، بينما لو نقصت النسبة بحدود ١٠ ٪ فإن الإنسان يعجز عن المشي؛ في حين يتعرض للموت إذا نقصت الكمية عن ٢٠ ٪ ولم ينقذ بسرعة بامداده بالماء اللازم.

وإذا أوضح أدولف Adolph (١٩٤٧) أن معدل العرق (جرام/ساعة) بالنسبة للإنسان العادي في أجواء صحراوية جافة يكون على الشكل التالي (على موسى، ١٩٨٢):

$$(١) - \text{بالنسبة لإنسان يمشي في الشمس} = ٧٢٠ + ٤١ \text{ (ح - ٣٣)}.$$

$$(٢) - \text{بالنسبة لإنسان يمشي في الليل} = ٤٠٠ + ٣٩ \text{ (ح - ٣٣)}.$$

$$(٣) - \text{بالنسبة للإنسان المرتدى ملابسه وجالساً في الشمس} = ٣٠٠ + ٣٦ \text{ (ح - ٣٣)}$$

$$(٤) - \text{بالنسبة لإنسان المرتدى ملابسه وجالساً في الظل أثناء النهار} = ١٨٠ + ٢٥ \text{ (ح - ٣٣)}.$$

ويتضح من العلاقتين (٣ ، ٤) أن الملابس توفر قرابة ١٢٠ كيلو وحدة حرارية/ساعة (ح = ٣٩ م) وهي كمية تعادل قرابة ٢٠٠ جرام/ساعة من العرق، وينبغي الافتراض أنه توجد حركة هواء كافية بهدف أبعاد الهواء المشبع ببخار الماء المتماس مع سطح الجسم، ولكن إذا ما كانت سرعة الهواء أكبر من اللازم لتحقيق توازن في ماء الجسم فإن الفاقد من الماء يكون كبيراً. ولذا فإنه من الأفضل أن يتحرك المرء

حول نفسه لكى يخلق نسيماً، وهذه الحركة يمكن أن تسبب فى زيادة الحرارة المتولدة ذاتياً فى الجسم مما يبطل أى ميزة للهواء المتحرك. وينبغى على الإنسان فى حالة فقدته لكمية من الماء أن يأخذ غيرها من مصدر ما، ذلك أنه من الضرورى أن تعوض المياه المفقودة بالعرق والتنفس. ويمثل الأعباء أو التعب الناجم عن فقد الماء خداعاً، حيث أن المرء قد ينهار من نقص الماء دون أن يدرك السبب. وهكذا فإن معرفة قيم معدل العرق ومغزاها يمكنها أن تقدم فوائد لأى شخص يجد نفسه تحت ظروف ضغط حرارى، حتى عندما يكون فى نزهة سيراً على الأقدام فى يوم من أيام الصيف الحار.

توازن جسم الإنسان

يمكن القول أن جسم الإنسان يكتسب حرارته، كما ذكرنا سلفاً، من مجموعة من المصادر هى: الإشعاع (R) من السطوح التى حرارتها تزيد عن ٣٣م° (كالشمس، والمصابيح....)؛ والحمل (C) من الهواء الحار الذى تزيد حرارته عن ٣٣م°؛ والتوصيل (P) من تماس جسم الانسان مع الأجسام المرتفعة الحرارة؛ والحرارة المتولدة ذاتياً فى الجسم - الأيض - Metabolism (M) (*).

ولكن الجسم يخسر حرارته بعدة طرق هى: الإشعاع (r) الى السطوح التى تقل درجة حرارتها عن ٣٣م°؛ والحمل (c) بواسطة الهواء المتحرك الذى يحمل الحرارة المنبعثة من الجسم؛ والتوصيل (p) تماس جسم الانسان مع الأجسام ذات الحرارة الأقل من حرارته؛ وأخيراً خسارة التبخر (e).

وفى حالة التوازن الحرارى، فإن المكسب يجب أن يكون معادلاً للخسارة، أى أن تكون:

$$R + C + P + M = r + c + p + e$$

وتكون قيم P و p صغيرتان عندما يكون الانسان غير مرتدى للملابس أى عارياً وغير مستلق فى حالة تماس مع أرض ساخنة أو أرض رطبة وباردة. أما إذا كان الإنسان مرتدياً ملابسه فإن التوصيل مع طبقة الهواء المحصورة فى طبقة ملابسه قد يكون كبيراً فى بعض الحالات.

وتجدر الإشارة هنا الى القول أنه فى درجات حرارة أقل من ١٠م°، فإن $r + c = 9e$. وبينما عند درجة حرارة ٢١م°، فإن: $r + c = 4e$. وتبدو e فى درجات الحرارة تلك على شكل خسارة غير محسوسة تقسم بصورة رئيسية عن طريق الرئتين. وبالطبع فإن

(*) مجموع التغيرات الكيميائية فى الخلايا الحية التى يؤمن الطاقة الضرورية للعمليات والنشاطات الحيوية والتى بها تمثل المواد الجديدة للتعويض عن المندثر منها.

العلاقات السابقة هي علاقات تقريبية. وعند درجة حرارة 30°م فإن $(r + c)$ و (c) تتعادلان مع بعض تقريباً، (أى أن $e = (r + c)$) بينما فى درجات حرارة أعلى فإن c تبدأ فى السيادة حتى تصل الحرارة إلى 23°م ويكون الفاقد بالإشعاع والحمل معدوماً تقريباً.

درجة احساس جسم الانسان بالعناصر المناخية

حاول العديد من الباحثين دراسة أثر المناخ على راحة الإنسان من خلال ما يظهر على الإنسان من تغيرات نفسية وصحية فى ظروف مناخية معينة، وقد تم صياغة ذلك فى علاقات تجمع بين عنصرين أو أكثر من العناصر المناخية، وفيما يلى بعض من تلك العلاقات التى تحدد درجة فاعلية بعض العناصر المناخية ذات الأهمية الكبرى بالنسبة للإنسان.

١- فاعلية درجة الحرارة

تتمثل العناصر المناخية الرئيسية التى تحدد درجة راحة جسم الإنسان فى: الإشعاع، درجة حرارة الهواء، الرطوبة الجوية والرياح. غير أنه للمعرفة الكاملة بالمؤثرات التى تحدد درجة الراحة يجب الأخذ فى الحسبان بالتوصيل الحرارى للملابس، وضغط بخار الماء على الجلد، ومعدل الحرارة المتولدة ذاتياً والتى تسبب نشاط الجسم البشرى. ولكى يحتفظ الإنسان براحته يجب أولاً الحفاظ على درجة حرارة ثابتة لجسمه (37°م). إلا أن تحديد درجة الراحة بشكل مطلق يعد أمر صعباً، وذلك بسبب الاختلافات البشرية، فدرجة تفاعل الإنسان مع الطقس تختلف حسب العديد من المتغيرات منها: سلامة الجسم، العمر، النوع (ذكر، أم أنثى)، نوعية الملابس، ودرجة التأقلم.

وتعد فاعلية درجة الحرارة أحد المؤشرات المناخية المستخدمة منذ فترة طويلة للدلالة على مدى راحة الإنسان فى ظروف حرارية معينة، إلا أن الارتباط وثيق بين درجة الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح، فالهواء المشبع ببخار الماء عند درجة حرارة معينة يدل على فاعلية درجة حرارة معينة، وبالتالي على درجة راحة معينة. فـرطوبة نسبية تزيد عن ٨٠٪ ودرجة حرارة أعلى من 30°م تعطى شعوراً بالارهاق والضيق، بينما قد يتعرض الإنسان العارى لضربة شمس فى حال انخفاض الرطوبة الى أقل من ٥٠٪ مع بقاء درجة الحرارة مرتفعة (على موسى، ١٩٨٢).

ويبين الجدول التالى درجة راحة الانسان المطابقة لفاعلية درجة الحرارة، وذلك من النتائج المأخوذة من استراليا، فى بيئة داخل المنزل، ولعمال يلبسون ملابس عادية فى وضع الجلوس

نوع الراحة	فاعلية درجة الحرارة (م)
أقل من ١٥,٠	عدم راحة.
١٦,٩ - ١٥,٠	انتقال بين الراحة وعدم الراحة (بارد).
٢٤,٩ - ١٧,٠	حالة راحة.
٢٦,٩ - ٢٥,٠	انتقال بين عدم الراحة والراحة (حار).
٢٨,٠ - ٢٧,٠	عدم راحة.
أكثر من ٢٨,٠	عدم راحة شديد.

وإذا كان الإناء يشعر بالإرهاق والاجهاد عندما ترتفع درجة الحرارة إلى ٣١ م، فإن درجة حرارة ٣٥ م تمثل الحد الأعلى الجيد للاحتمال. والشكلين (رقم: ٦-٣ ، ٦-٤) يوضحان فاعلية درجات الحرارة في فصل الشتاء (شهر يناير) وفصل الصيف (شهر يوليو).

وبما أن فاعلية الحرارة تحددها درجة رطوبة الجو (شكل رقم: ٦-٥) ولذا : استخدم مؤشر الحرارة - الرطوبة النسبية ليدل على مؤشر الراحة، أو على درجة الشعور بالراحة. ويحسب مؤشر الراحة بالنسبة لأشخاص يعملون في مكاتب - باعمال الاشعاع وحركة الهواء - من العلاقة التالية: (على موسى، ١٩٨٢):

$$\text{مؤشر الراحة (الحرارة / الرطوبة)} = ٠,٧٢ (ح + ح ن) + ٤١$$

أو

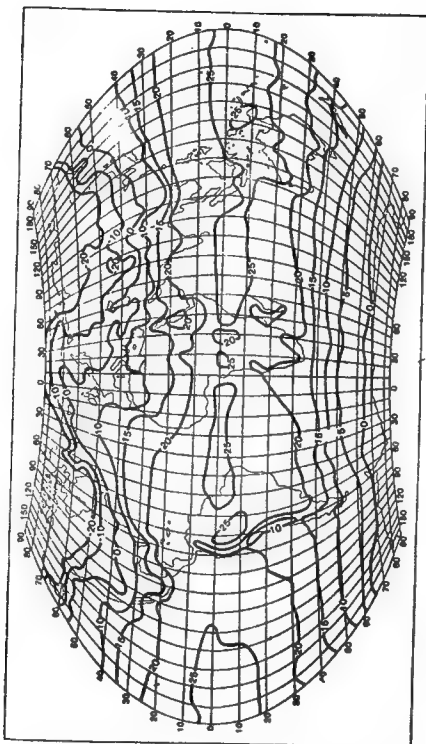
$$\text{مؤشر الراحة (الحرارة / الرطوبة)} = ج - (١ - ٠,٠١ هـ) (ح - ١٤,٥)$$

حيث،

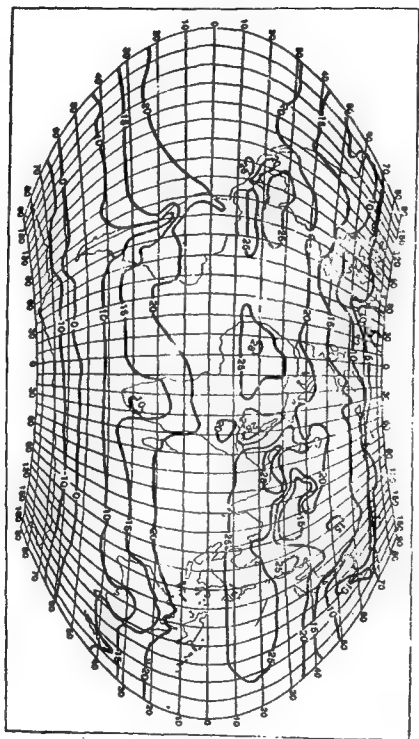
ح = درجة حرارة الهواء (درجة مئوية)

ح ن = درجة حرارة نقطة الندى

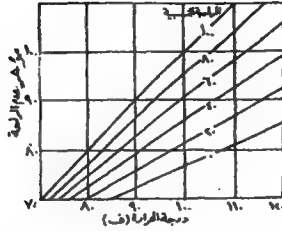
هـ = الرطوبة النسبية.



(شكل رقم ٦٠٢)،فاعلية درجات الحرارة في فصل الشتاء (شهريناير)



(شكل رقم ١-٦):فاعلية درجات الحرارة في فصل الصيف (شهر يوليو)



(شكل رقم ٥-٦) اختلاف مؤشر الراحة مع اختلاف درجة الحرارة والرطوبة النسبية

ومن خلال ردود فعل عدد من الأشخاص لظروف جوية مختلفة الحرارة والرطوبة وجدت العلاقة بين قيم مؤشر الحرارة - الرطوبة النسبية، وراحة الإنسان، كما في الجدول التالي ..

مؤشر الحرارة / الرطوبة النسبية	درجة الراحة
أقل من ٢١	شعر عام بالراحة
٢١ - ٢٤	راحة نسبية
٢٤ - ٢٧	عدم راحة
أكثر من ٢٧	عدم راحة شديد

وإذا أرتفعت قيمة المؤشر إلى أكثر من ٢٩ فإن الاجهاد يكون واضحاً، حتى أن بعض الدوائر الحكومية في الولايات المتحدة تنظر إلى منح موظفيها عطلة في مثل تلك الأوقات. فقد وصلت قيمة مؤشر الراحة إلى ٣٣ في يوم Yuma بولاية أريزونا في شهر يوليو من عام ١٩٥٧.

وتمثل العلاقات السابقة علاقات تجريبية تقوم على احساس عدد كبير من الأشخاص المتشابهين في ثقافتهم وفي ردود فعلهم لبيئتهم، ولذلك فأنها قد لا تنطبق كلياً على أشخاص آخرين، إلا أنها تشير إلى حدود نسبية لدرجة تحمل الإنسان لظروف جوية مختلفة.

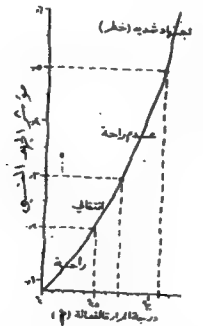
ب- مؤشر الجهد

ثمة مقياس آخر لتحديد راحة الإنسان يقوم على أساس مؤشر الجهد الحرارى والذي يحدد من خلال النسبة بين كمية التعرق الذى يمكن أن يتبخر من الجلد للمحافظة على راحة حرارية والكمية العظمى للتبخر التى يمكن أن تحدث تحت ظروف خاصة . ومؤشر الجهد النسبى الذى يأخذ أيضاً فى الحسبان معدل الحرارة المتولدة ذاتياً، ودرجة حرارة الهواء (ح) والرطوبة النسبية (ط)، ومدة العمل، ومقاومة الهواء والملابس لجريان الحرارة نحو الخارج ولعبور بخار الماء، وحجم الهواء المتنفس (أثناء الزفير) . والعلاقة التى وضعت قامت على أساس معدل الحرارة المتولدة ذاتياً لشخص يمشى بمعدل ٣.٢ كيلومتر/ساعة، ويلبس ملابس خفيفة فى حال وجود نسيم خفيف سرعته ٠.٥ م/ث، وصيغة العلاقة هى:

$$\text{مؤشر الجهد} = ١٠.٧ + ٠.١٣ (ح - ٣٥) (٤٤ - ط) -$$

حيث: ط قيمة الرطوبة الجوية (بالمليمتر)

وتؤخذ قيمة مؤشر الجهد النسبى ٠.٣ كقيمة حدية، فإذا كانت قيمة المؤشر أقل من ٠.٣ فالإنسان يكون فى حالة راحة، إما إذا كانت القيمة أكبر من ٠.٣ فإن الاجهاد يبدأ بالظهور على الإنسان (شكل رقم: ٦-٦).



(شكل رقم: ٦-٦)، علاقة مؤشر الجهد النسبى مع فاعلية درجات الحرارة

المناخ وجسم الإنسان في بيئة دلتا النيل

ذكرنا سلفاً أن طاقة الإنسان ترتبط ارتباطاً قوياً بالمناخ أكثر من أى عنصر آخر من عناصر البيئة الطبيعية. فلقد ثبت أن الوظائف الفسيولوجية للجسم البشرى تستجيب للتغيرات الجوية .

وتتمثل العناصر المناخية التى يتأثر بها جسم الإنسان فى بيئة دلتا النيل تأثيراً مباشراً فى: درجة حرارة الهواء وحركته ونسبة الرطوبة. فالهواء البارد الساكن فى الشتاء يمكن للإنسان أن يتحملة، ولكنه اذا اشتد هبوب هذا الهواء فإنه يجعل الطقس بارداً جداً ولو أن درجة حرارته لم تنخفض، ويمكن للإنسان أن يتحمل درجات حرارة مرتفعة إذا كان الهواء جافاً، أما إذا كان الهواء رطباً فإنه يعمل على الشعور بالضيق والاختناق .

وهناك محاولات كثيرة لتحديد ومعرفة مدى تحمل الإنسان وتأثره بدرجة الحرارة وعلاقتها بنسبة الرطوبة وما ينتج عنهما من قلق للراحة . من هذه المحاولات محاولة تايلور G. Taylor التى أطلق عليها اسم "Hythergraph" واستعان فيها . لرسم منحنى المناخ لأى محطة جوية، بالمتوسط الشهرى لدرجة الحرارة وكمية المطر الشهرية (بوصة) ونظراً لأن كمية المطر لا تعد دليلاً كافياً للرطوبة، عند ربط وتقويم المناخ وعلاقته بالراحة البشرية، فأنتنا يمكن أن نتخذ متوسط درجة حرارة الترمومتر المبلل أو متوسط نسبة الرطوبة دليلاً، مع درجة حرارة الترمومتر الجاف، يوضح العلاقة القوية بين المناخ واستجابات الجسم البشرى له، ويمكن تحديد ذلك بمنحنيات للمناخ "Climograph" التى تضع أفضل الأسس لتعيين الأحوال والظروف الجوية التى يستطيع الإنسان أن يتحملها ويرتاح فيها .

وفى محاولة أخرى، اقترح ثوم "E.C.Thom" مقياساً لمعرفة العلاقة بين درجة الحرارة ونسبة الرطوبة ومدى تأثير الإنسان بهما، أطلق عليهما اسم مقياس التعب أو المضايقة "Discomfort Index" وتلخصه المعادلة الآتية:

$$DI = 0,4 (ta + tw) 15$$

حيث أن Ta هى المتوسط السنوى لدرجة حرارة الترمومتر الجاف (ف) و tw هى المتوسط السنوى لدرجة حرارة الترمومتر المبلل (ف) . والمضايقة على نتيجة المعادلة، فإذا ما ارتفع معدل المقياس إلى ٧٠ زاد شعور الإنسان بعدم الراحة، أما إذا بلغ المعدل ٧٩ فأن الجو يكون غير محتمل. هذا ويمكن أن نقرر هنا أن أنسب درجة للحرارة يمكن للإنسان أن يتحملها دون تعب هى ٣٧ درجة مئوية (٩٨,٦°) والثى تمثل درجة الحرارة العادية لجسم الانسان، أما أنسب قيمة للرطوبة النسبية فهى ما كانت تتراوح بين ٣٠٪ و ٧٠٪.

وفى بيئة دلتا النيل، تؤثر درجة الحرارة والرطوبة النسبية على النشاط البشرى بها، كما تعطى ميزة التوطن، فلقد لوحظ أن المتوسط السنوى لدرجة الحرارة، فى منطقة دلتا النيل، لا يختلف كثيراً من جهة لأخرى، كما أن متوسط حرارة فصل الشتاء معتدل للغاية أما فى فصل الصيف فإنه هذا المتوسط يزداد كثيراً^{١٠} -^{١١} وهنا جنوباً، ويتضح هذا كثيراً بالنسبة لمتوسط النهاية العظمى للحرارة حيث يبلغ الفرق بين الجهات الشمالية (الاسكندرية) والجنوبية (القاهرة) ١٠ مئدة، وهذه المتوسطات جميعها يمكن للإنسان أن يتحملها. ولكن قد تدعو الضرورة إلى التعود على القىظ مع بداية فصل: "بيع اتوقف نشاط غدد الإفراز خلال فصل الشتاء، حينما يأتى أولى يوم شديد الحرارة فى الربيع يكون التألم منه أشد من الأيام المائلة خلال بقية الفصل حيث تكون هذه الغدد قد بدأت نشاطها.

٦٧,٢	الاسكندرية
٦٦,١	دمنهور
٦٦,١	طنطا
٦٤,٧	الرقاريق
٦٧,٦	القاهرة

ثانياً: المناخ وصحة الإنسان

الطبيب اليونانى هيبو قراط Hippocrate (٤٦٠ - ٣٧٧ ق.م) فى كتابه (الهواء والماء والامكنة) كثيراً من الأمور المتعلقة بتأثير ظواهر الجو على صحة الإنسان. وعالج أطباء العصور الوسطى مرضاهم باختيارهم أماكن وفصول معينة ذات ظروف جوية محددة بحيث تخفف من آلامهم وتعمل فى شفائهم. وعلى الرغم من التقدم العلمى والتطور التكنولوجى الذى اتسم به النصف الثانى من القرن العشرين الماضى، إلا أن موضوع علاقة الصحة بالظروف الجوية لم يلق اهتماماً كافياً من البحث والدراسة، ويعزى ذلك الى اكتشافات العالمين الكيبرين باستور، ومندل فى القرن التاسع عشر، حيث كشف باستور عن وجود الجراثيم، وحدد مندل دور الوراثة الطبيعية، وهذا ما قلل من أهمية دور البيئة الطبيعية فى تأثيرها على صحة الإنسان، على الرغم من أن الكثير من الأمراض قد تكون بسبب ظروف جوية معينة. ولقد ثبت مؤخراً وجود ارتباطات كبيرة بين أنواع المناخ وانتشار أمراض معينة.

وللمناخ تأثير مزدوج على الإنسان، فله تأثير فيسيولوجى، كما أن له تأثيراً نفسياً، وهذه التأثيرات قد تكون مباشرة فى حالة تعرض الإنسان لموجة برد شديدة وهو فى العراء، أو غير مباشرة عن طريق الميكروبات والحشرات. ولقد دلت الاحصاءات العالمية الى وجود صلة وثيقة بين عدد الوفيات وحالة الجو، حيث تكثر الوفيات فى الأيام التى تهب فيها الرياح بسرعة عالية. وأكثر الظواهر الجوية تأثيراً على صحة الإنسان، هى؛ انخفاض الضغط الجوى الذى يصاحب بحرارة مرتفعة وسقوط الأمطار، وكذلك رطوبة جوية عالية، وحدوث عواصف هوائية. ويبرز تأثير الجو واضحاً أكثر فى حالة الاشخاص المصابين بأمراض قلبية حيث تزداد نسبة الوفيات بينهم.

وتجباين تأثير العناصر المناخية على صحة الإنسان، ويبدو ذلك واضحاً من العرض التالى لتأثير هذه العناصر

الاشعاع

يتولد عن زيادة فى كمية الاشعة فوق البنفسجية التى يتعرض لها جسم الإنسان، كما يحدث عادة فى الجبال المرتفعة، ضربة شمس شديدة وتساق فى الجلد أو حدوث بقع عليه. ويعتقد أن بعض أنواع السرطانات الجلدية الخفيفة تصيب الأشخاص ذوى البشرة البضاء الذين يقطنون مرتفعات المناطق الحارة. كما أن المستوطن الأبيض فى تلك المناطق يجد صعوبة فى شفاؤه من الأمراض الجلدية التى تصيبه نتيجة لشدة العرق وسواء كان هناك زيادة فى الأشعة فوق البنفسجية أم لا، فإن الأشعاع الشمسى الشديد بسبب ضربة الشمس. ومن الملاحظ أن كثرة أشعة الشمس وشدها فى المناطق الحارة تساعد على زيادة سرعة نمو بعض الغدد فى جسم الإنسان مما يؤدي إلى انخفاض سن البلوغ فى المناطق الحارة إلى حدود سن الثانية عشرة، لكنه يقارب فى مناطق المناخ

المعتدل سن الخامسة عشرة، وفي المناطق الباردة يصل حتى سن الثامنة عشرة تقريباً.

الحرارة

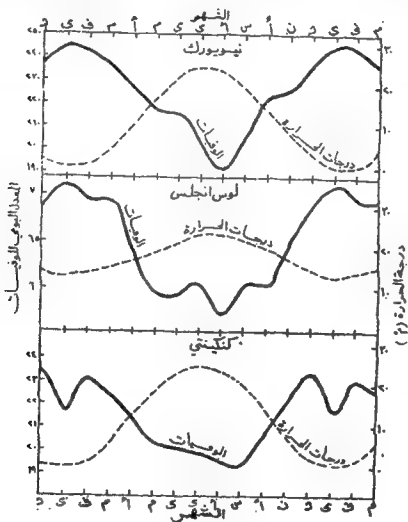
يمكن ربط تركيز حدوث بعض الأمراض في فصل من السنة دون غيره بالظروف الجوية السائدة. فعلى سبيل المثال يكثر حدوث أمراض الحمى الحمراء والدفتيريا في سويسرا في فصل الشتاء بوجه خاص، بينما أمراض الحصبة، والأنفلونزا، والجذري تكون أكثر حدوثاً في فصل الربيع. بينما تحدث أمراض القلب والجهاز التنفسي في أواخر الشتاء وأوائل الربيع في إنجلترا وأستراليا. ويؤكد العلماء انخفاض ضغط الدم في الأيام الدافئة عند المرضى الذين يعانون من فرط التوتر الشرياني. وتزداد الآلام المفصليّة عند المرضى بالروماتيزم في الليالي الباردة، كما تكثر إصابات الكليتين وجهاز التنفس. وتسوء أحوال المرضى المصابين بالربو وتعتريهم نوبات شديدة من ضيق التنفس عند الانخفاض المفاجئ في درجة حرارة الجو.

ومما لا ريب فيه أن هناك أشخاصاً لهم القدرة على تحمل تطرفات حرارية شديدة. فقاطني المناطق المرتفعة الحرارة لهم طاقة كبيرة على تحمل الحرارة المفرطة في الزيادة، كما يستطيع سكان الصحارى الحارة السير حفاة على الرمال التي تتعدى حرارتها ٧٠ م°، في حين نجد أن قاطن المناطق المعتدلة الباردة يجد ألماً في السير في نفس الظروف. كما أننا نجد أن قاطني المناطق الشديدة البرودة في العالم بإمكانهم السير حفاة على الثلج لبضع ساعات دون أن يشعروا بعدم الراحة. ويعد سكان جبال الانديز من ذوي المقاومة الشديدة للبرد، ذلك أن أقدامهم مزودة بأوعية دموية شعرية تدور خلالها الحرارة في القدم بسرعة. كما ظهرت قدرة صيادي السمك في إقليم جاسيه Gaspe في شرقى كندا على التكيف بسرعة مع الأحوال الباردة. وفي الحالات الشديدة البرودة، فإن إصابة الصقيع للأطراف يكون أمراً عادياً. إلا أن أسوأ آثار البرد هي ما يصيب الرئتين خاصة في الأراضي المرتفعة، حيث يعرف الفصل البارد باسم حصاد الموت.

وإذا ما تلازمت درجات الحرارة المرتفعة مع رطوبة جوية عالية، فإن هذا سيترتب عليه ظهور ضغف على الجلد، هذا الطفح يتطلب المصاب به لكي يتم شفائه منه أن ينفق ولو لفترة قصيرة إلى بيئة صحية أكثر. ويكثر حدوث ضربة الشمس في حالة الجو الأكثر جفافاً، إذ إن الإصابة بضربة الشمس يزداد عندما تزيد درجة الحرارة عن ٤٨ م°، وضغط بخار الماء يكون في حدود ١٠.١ ملم. وفي المناطق البحرية حيث الرطوبة المرتفعة، وفي حالة الشتاء البارد، فإن أمراضاً معينة تظهر، مثل أمراض الروماتيزم والتهاب المفاصل. وتزداد الإصابة بأمراض الرئة في حالة مصاحبة البرد الشديد بالرطوبة المرتفعة. وينجم عن البرد الشديد والملابس المبللة حدوث آلام مزعجة، حيث تتشقق الأقدام عندما يكون الحذاء مبللاً، وقد يتعرض الإنسان للموت إذا ما كانت الملابس مشربة بالماء. أما إذا كان

الجو حاراً والرطوبة الجوية منخفضة كما يحدث في المرتفعات المدارية، فأن هذا يؤدي الى تشقق الجلد وخاصة المشققين، كما يمكن أن يحدث نزيف حاد من الأنف.

ولما كان هناك العديد من الأمراض تقتفل عن طريق الحشرات التي يرتبط تكاثرها وتطورها بالظروف المناخية. فالبعوض على سبيل المثال يسبب مرض الملاريا، ويكثر هذا البعوض في الأجواء الحارة والمستنقعية، ويتطلب تكاثره وجود درجات حرارة لا تقل عن ١٥ م، وأمطار سنوية تزيد عن ١٠٠٠ ملم يمكنها أن تخلق بيئة راقدة من الماء يحتاج إليها البعوض لتكاثره ووجوده. كما أن الحمى الصفراء Yellow fever والتي يقوم بنقلها البعوض لا يمكن أن توجد في درجات حرارة تقل عن ٢٠ م. ولعدد الوفيات علاقة بتغيرات درجات الحرارة، وهذا ما توضحه منحنيات درجات الحرارة السنوية والوفيات في ثلاث مدن أمريكية (شكل رقم ٧-٦).



(شكل رقم ٧-٦) العلاقة بين عدد الوفيات ودرجات الحرارة في ثلاث مدن في الولايات المتحدة الأمريكية

الضغط الجوي

تتمثل المؤثرات التي تنتج عن الضغط الجوي في المناطق المرتفعة، حيث تقل كثافة الهواء ويزداد تخلخله ولذا ينخفض الضغط الجوي، ويستحيل على الإنسان العيش بصورة دائمة في المناطق التي يزيد ارتفاعها عن ٥٢٠٠ متر . ولقد دلت التجارب التي تمت في كثير من الجهات الجبلية على خطورة الحياة في المناطق التي يزيد ارتفاعها عن ٥٠٠٠ متر، وتوصلت الى نتائج هامة تستوجب على العمال القادمين من أراضي منخفضة ويعملون في مناجم على ارتفاع ٥٨٠٠ متر أن ينتقلوا يومياً الى المناطق المنخفضة، لأن النقص في الأوكسجين في تلك الارتفاعات لا يمكن أن يعوض بالأكلمة، بينما في مقدور العمال القادمين من جهات مرتفعة (٥١٠٠متر) من البقاء لمدة أسبوع دفعة واحدة، والآثار الفسيولوجية الناجمة عن انخفاض الضغط الجوي مع الارتفاع، تتمثل في؛ الصداع، والغثيان، والأرق، والضعف.

الرياح

هناك حكمة أطلقها طبيب القرن السادس عشر بارسيليوس هي «أن من كشف أسرار الرياح والعواصف والطقس عليه أن يكون أعرف الناس بأسباب الأمراض». ومنذ العصر الوسطى عرف الأوربيون رياح الجنوب أو رياح الفهن التي تهب على ايطاليا محملة بالهواء الرطب وتنتج نحو جبال الألب الشاهقة حيث تفقد رطوبتها بعد سقوط ما بها من بخار الماء، وتتابع سيرها على السفوح الشمالية على شكل رياح جافة ودافئة. وهذه الرياح هي التي وصفت بأنها تذيب الثلوج التي تتراكم في فصل الشتاء، وعرفها اليونانيون والأغريق ببالعة الثلوج. ويصحب هبوب هذه الرياح الجنوبية انخفاض في الضغط الجوي، كما تصاحب بأعراض مرضية ظاهرة؛ كالقلق، والشعور بالحزن، والضيق، والأرق، والأحلام المزعجة. وقد لاحظ الأطباء الألمان والنمساويون والنرويجيون ظهور علامات التهيج عند المصابين بأمراض عصبية وقلبية. كما أثبتت بعض الدراسات كثرة جرائم القتل وحوادث الانحار في هذه الآونة. ويؤدي التغيرات الجوية المصاحبة لرياح الفوهن الى اضطرابات صحية، حيث لوحظ في جنوب أوروبا أن الأطفال الرضع هم أول من يتأثر بذلك الرياح اذ يزداد صراخهم في الحدايق ودور الحضانة ولا ينقطع إلا بعد هدوئها. وفي المدارس يحصل الأطفال في هذه الفترات على درجات متدنية في دروسهم نتيجة لتهيجهم واهمالهم لواجباتهم المدرسية وأصابتهم بعدم الأكتراث. أما الاشخاص البالغون فتسبب رياح الفوهن ضعفا في قواهم وازديادا في تهيجهم، كما تؤدي الى أرق مزعج عند الكثير منهم. وتكون الاعراض واضحة عند المرضى المصابين بضيق في الأوعية التاجية، والروماتيزم، وآلام الصداع النصفي (على موسى، ١٩٨٢).

أما الرياح الشمالية المعروفة باسم المسترال فأنها تؤدي الى ظهور الصداق والارق واحتداد الآلام العصبية، وتزداد عند هبوبها النزلات الواقدة، وتسوء حالة المصابين بأمراض رئوية. ومثل هذه الأعراض تسببها رياح شمالية أخرى تعرف باسم ترامونتانو Tramontano التي تهب على شمال البحر المتوسط وعلى جنوبه. ولا يرتبط تأثير الرياح على صحة الإنسان بسرعة هبوبها أو اتجاهها فحسب، وإنما بالدرجة الأولى على ما تحدثه من تغيرات مفاجئة في الضغط الجوي والحرارة والرطوبة.

المنخفضات الجوية

تؤدي ظواهر الطقس المتغيرة أثناء مرور المنخفضات الجوية بجبهاتها المختلفة الحارة والباردة، ويقطاعاتها الهوائية المتنوعة من حارة وباردة الى تأثيرات على صحة الإنسان وقد لفت ذلك الانتباه من قديم الأزل، فقد تحدث هيبو قراط عن الآلام التي تصاحب تقلبات الطقس مع المنخفضات الجوية، كما جاء في العصور الوسطى ذكر للأعراض المرضية التي تسببها تقلبات الطقس في القوانين والنشريات. فتؤدي تغيرات الطقس الشديدة الى اضطراب العمليات الحيوية في الجسم، فتتغير مثلاً خصائص الدم الغريزيه، ويزداد تخثره قبيل مرور الجبهة الهوائية الباردة، وتشتد عملية انحلال الخثرات الدموية بعد مرور الجبهة الهوائية الباردة. كما وتتغير وظائف الكليتين والغدد الصماء واحتواء الدم على السكر والكالسيوم والفوسفات والصوديوم والمغنيسيوم خلال تحرك الكتل الهوائية.

الظواهر الجوية الكهربائية

يحتوى الجو على مجالات كهربائية قوية. ففي الأحوال العادية تكون الأرض ذات شحنة كهربائية إيجابية وقواعد السحب ذات شحنة كهربائية سالبة، ويقدر فرق الجهد الكهربائي الوسطى في الجو بمائة فولت في المتر المربع الواحد، وتزداد قيمة الفرق هذا الى أكثر من ألف فولت/م² في حالة حدوث العواصف والاعاصير، اذ ترتبط تغيرات التوتر الكهربائي بالظواهر الطبيعية الجوية المختلفة. وتمثل الصواعق اندفاع قوى للشحنات السالبة في أسفل السحب نحو الشحنات الموجبة عند سطح الأرض، مما يؤدي ذلك إلى توليد تيار كهربائي له وهيج هائل، ولهذه التفريغات الكهربائية آثار كبيرة على الصحة (على موسى، ١٩٨٢).

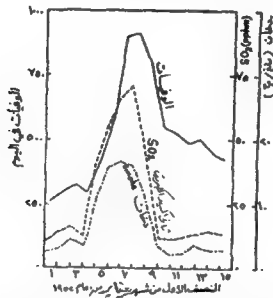
ويعزى علماء الحياة التأثيرات الكهربائية الجوية على جسم الإنسان إلى زيادة دخول الشحنات الكهربائية إلى جسم الإنسان ومشاركتها في عمليات الأيض التي تحدث في الجسم. والجدير بالذكر أن لكل من الشحنات السالبة والموجبة تأثيراتها الخاصة، فالشحنات الإيجابية تظهر تأثيراً سلباً على صحة الإنسان وتؤدي زيادتها في الجو الى

الشعور بالضيق والقلق. وجاءت التجارب التي أجريت في الولايات المتحدة لتؤكد التأثير السئ للشحنات الموجبة في الجو على صحة الإنسان، فلقد تم الطلب من بعض الأشخاص أن يتنفسوا خلال عشرين دقيقة هواء يحتوى على ٣٢ مليون شحنة في السنتيمتر المكعب الواحد، وقد ظهر من خلال ذلك صدى شديد وضيق في التنفس عند هؤلاء الأشخاص، بجانب أعراض تخريش مخاطيات الفم والبلعوم والأصابة ببحة في الصوت. واستطلع العلماء أن يبرهنوا على وجود صلة وثيقة بين زيادة نسبة الشحنات الموجبة في الجو وكثرة النوبات عند المصابين بأمراض قلبية، وزيادة الاختلاطات في العمليات الجراحية، واقترحوا لتفادى هذه الأخطار استخدام جهاز اشعاعى خاص يسمح بخفض نسبة الشحنات الموجبة في غرف المرضى وغرف العمليات، ولهذا السبب فإن المستشفيات تخصص الطوابق العليا (الطابق الثالث أو الرابع) بعيدا عن سطح الأرض الملئ بالشحنات الموجبة. وإلى جانب الشحنات الكهربائية السالبة والموجبة فإن الجو يحتوى على موجات كهرومغناطيسية ولقد دلت الأبحاث على أن هذه الموجات تسبب الضرر والضيق عند الناس وتصيبهم بالصداع والضعف وتجعلهم يشعرون بضيق في الصدر. وتظهر الموجات الكهرومغناطيسية. حسب تقلبات الطقس، فهي تسجل بكثرة قبل هبوب العواصف، وتكثر في الربيع وتقل في الشتاء، وتصابح دوما انتقال الكتل الهوائية الحارة.

الضباب والملوثات الجوية

تبرز أهمية الضباب وآثاره الضارة من خلال الجسيمات الدقيقة التي تكون مجالات رحبا لتجمع جزيئات الماء وتشكل الضباب، وهذا ما جعل الضباب يكثر في المدينة مقارنة بالريف. وقد يكون الضباب الملئ بالملوثات الجوية القادمة من مصادر متنوعة من سطح الأرض إحدى الظواهر الجوية المقاتلة. ففي شهر أكتوبر من عام ١٩٣٠ تشكل ضباب كثيف في وادي ماس بالقرب من مدينة لياج Liege البلجيكية وكان هذا الضباب ملئاً بالغبار ويجزيئات غازية مختلفة سببت تلوث الجو لمدة خمسة أيام كاملة، كان من ضحايا هذا الضباب قرابة ٦٣ شخصاً وعدد أكبر بعدة مرات من الأشخاص الذين شعروا بسوء حالتهم الصحية لفترات طويلة بعد انقشاع الضباب. وقد حدثت مثل هذه الظاهرة في بلدة دونورا الأمريكية القريبة من مدينة بيسبرج عام ١٩٤٨. ومع ذلك فإن حادثتي لياج ودونورا لا يمكن مقارنتهما بما حل في مدينة لندن عام ١٩٥٢. ففي صباح الخامس من شهر يناير من عام ١٩٥٢ شهد سكان مدينة لندن غياب الشمس غياباً كاملاً عن سماء العاصمة البريطانية، فقد كانت تحجبها عنهم طبقة دخانية ضبابية كثيفة لم يمد أن شاهدها من قبل، وقد استمرت هذه الظاهرة لمدة أربعة أيام، لاقى أكثر من أربعة آلاف شخص حتفهم خلالها (شكل رقم : ٨-٦). والضباب في حد ذاته ليس خطراً على الإنسان، ولكن يصبح

خطراً إذا كان يحتوى على شوائب كثيرة؛ ففي حادثة وادى ماس كان الهواء مشبعاً بالشوائب المعدنية التى تطلقها المصانع الكبيرة كمصانع الحديد والزنك والزجاج فى الجو. وهذا ما حدث فى صباح الخامس من يناير عام ١٩٥٢ عند تشكل ضغط جوى مرتفع فى الأجزاء الجنوبية من بريطانيا مستمراً بضعة أيام لم يشعر الناس خلالها بحركة الهواء، إذا كان الجو هادئاً، وكان هذا الوضع الجوى يسود فى معظم الأراضي البريطانية، إلا أن الكارثة حلت فى لندن وحدها، وقد رجع ذلك إلى التلوث الشديد الموجود فى أجواء العاصمة البريطانية، حيث قدر الاخصائيون أن الضباب الكثيف فوق لندن كان يحتوى عام ١٩٥٢ على عدة أطنان من الدخان ومركبات المواد الكيريتية .



(شكل رقم ٦-٨)، تأثير الملوثات الجوية على الوفيات في لندن خلال شهر يناير عام ١٩٥٢

وكذا كان الارتباط واضحاً بين الصحة والمرض والطقس، فإن الارتباط يكون واضحاً أيضاً بين الصحة والمرض والنشاط الاقتصادى. وتبدو تلك الارتباط أشد وضوحاً إذا أخذنا فى الحسبان بعض المصادر البشرية والطبيعية التى تدخل فى تكوين الجو القريب من سطح الأرض والتى تترك تأثيراتها على الصحة وأثاراً واضحة على النشاط الاقتصادى. ويعد التلوث من الموضوعات ذات الأهمية فى كافة أنحاء العالم، خاصة بعدما تأكد ارتباط الكثير من الأمراض بالملوثات الجوية، كما فى؛ أمراض التهابات الشعبية وأمراض سرطان الرئة، وأقل من ذلك أمراض أوعية القلب. ولقد قدر لافى وسكين Lave and Seskin عام ١٩٧٠ التكلفة السنوية للأمراض التنفسية فى الولايات المتحدة فكانت قرابة ٥٠٠٠ مليون دولار (على موسى، ١٩٨٢).

وتعتمد النتائج الفسيولوجية للتلوث على شدة تركيز الملوثات ومدة التعرض لها والجرعة منها التي يستشعرها الإنسان. والتأثير الأولى للملوثات، يتمثل في الملوثات الكيميائية التي تسبب حرقاً أو لسعة في العيون بفعل تأثير الغاز اللامع أو الحارق المعروف باسم بيروكسياسيتيلينترات $\text{P-Oxyacetylnitrate}$ والذي يتشكل من التفاعلات بين الهيدروكربونات وأكاسيد النيتروجين والأوكسجين الجوي تحت تأثير ضوء الشمس. أما الأوزون الذي ينتج من تلك التفاعلات فإنه يؤدي أنسجة الرئة ويزيد من معدلات الوفيات، حيث يسبب تورمات في أوعية الرئة. ومن الممكن أن يؤدي ثاني أوكسيد الكبريت إلى تعفن المجرى التنفسي الأدنى، خاصة بين الأشخاص المقيمين في السن، والأطفال الصغار.

المناخ وصحة الإنسان في بيئة دلتا النيل

ذكرنا سابقاً أنه ينتج عن تغييرات الجو وتطوره تدبيراً من التأثيرات على صحة الإنسان، منها بعض الأمراض التي تحدث من التأثيرات المناخية للظروف الجوية على الجسم، وتعد درجة الحرارة المتطرفة وزيادة نسبة الرطوبة من الأسباب التي تؤدي إلى ظهور أعراض مرضية كثيرة.

ولقد أكدت الأبحاث الطبية الحديثة، أن الجو وتقلباته في دلتا النيل ليس مسئلاً عن ظهور أمراض البرد والالتهابات وانزلات الشعب والالتهابات بأنواعها، على أن ظهور موجات ذفاء غير عادية في فصل الشتاء تؤدي عادة إلى انتشار مثل هذه الأمراض، والسبب في ذلك يرجع إلى أن الكثير من الناس يحفون من الملابس الصوفية للذفاء غير المعمود ولا يلحظون بسرعة عودة درجة الحرارة العادية في مثل هذا الوقت (٢١ م نهراً و ٧ ليلاً). ولكن استمرار اسبرد وانخفاض درجة الحرارة واضطرار الناس إلى البقاء مدداً كبيرة داخل غرف وأماكن مغلقة تزيد فيها نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون أحد نواتج التنفس الانساني، يؤدي إلى احتمال الأسباب بنزيف دوالي المرئ صيفاً، هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى فإن ارتفاع درجة الحرارة صيفاً يؤدي إلى زيادة تركيز البول والدم، وبالتالي ارتفاع نسبة الإصابة بحصوات الكلى والمثانة والحالب واحتمالات الجلطة الدموية^(١).

ويبقى أن ندرك أنه بجانب الصلة الواضحة بين أشعة الشمس ودرجة حرارة الهواء، فإن ضوء الشمس تنتج عنه تأثيرات عديدة، ومفيدة على جسم الإنسان، ومن هنا كان القول

(١) من المعروف عن مناخ دلتا النيل، أن فصل الشتاء قد يتميز بظهور موجات حارة، ترتفع فيها درجة الحرارة عن معدلها الفصلي، منها مثلاً موجة ٢٢ يناير سنة ١٩٤٨ (٣٠.٧ مئوية) وموجة يناير ١٩٧١ (٢٨ مئوية).

المأثور، البيت الذى تدخله الشمس لا يدخله الطبيب، فقد ثبت أن الأشعة تحت الحمراء Infrard Rays التى يمتصها الجسم أو الملابس تتحول إلى حرارة، ولهذا فأنها تعوض كثيراً البرودة الشديدة للهواء، أما الجزء المرئى للأشعة (الضوء) فإنه يؤثر كثيراً على العين، فزيادته تسبب فقداناً مؤقتاً للبصر بسبب أضلام عدسة العين Cataract، ويظهر نوع من الصداع المقلق للراحة الذى لا تعرفه المناطق غير المدارية الشديدة الحرارة. وأبرز ما يمتاز به أشعة الشمس هى الأشعة فوق البنفسجية Ultra-violet Rays التى لها من المقدرة على تكوين فيتامين (د) فى الجلد، كما أنها تضعف من نمو البكتريا والجراثيم الفطرية السببية، أما وجه الخطر لهذه الأشعة فيمكن فى أنه قد يتسبب عنها فى بعض الأحيان التهاب الجلد. وقد دلت التجارب أن قوة لفتح الشمس فى مصر عمومياً، من شدة تأثير الأشعة فوق البنفسجية، فى فصل الصيف تعادل مثلثتها فى الشتاء ١٥ مرة، وهذا مما يهيج الجلد فتظهر عليه البثور المعروفة باسم «حمو النيل» الذى يظهر على شكل وىاء فى الصيف، كما أن المصطافين على الساحل يصابون بأمراض جلدية شديدة عند تعرض أجسامهم لأشعة الشمس مدة طويلة، وبطبيعة الحال فإن الأماكن التى يقصدها الباحثون عن الصحة دائماً توجد فى الأجواء المشمسة وخاصة فى فصل الشتاء. وبيلة دلتا النيل، من هذه الأماكن إذ لا تغطى مساوها السحب وتحجب عنها أشعة الشمس الا فى ظروف خاصة وفترات قصيرة.

رياح الخماسين، بما تتميز به من زيادة إرتفاع درجة حرارة الهواء وشدة جفافه، نؤدى إلى، وتساعد على، نقش الجلد وتشققه وخاصة الأجزاء المعرضه منه للجو مباشرة كالوجه واليدين. وفى نفس الوقت فأنها تمنع بما تحمله من رمال وغبار التذام الجروح، بل وأكثر من ذلك تزيد من مضاعفتها وأضرارها.

كما وأن ظاهرة الضباب الصباحى الذى يتكون فوق أرض دلتا النيل فى شهور الشتاء، نتيجة أستقرار الجوب بسبب إرتفاع درجة الحرارة بشكل غير عادى، تتحول إلى ظاهرة العجاج، وهى الرمال الدقيقة المعلقة فى الهواء، التى تجعل من حركة التنفس غير مريحة.

وإذا كانت هذه صور التأثيرات المباشرة للعوامل الجوية على صحة الإنسان، فإن هناك جانباً آخر من التأثير غير المباشر يتمثل فى إختيار كمية ونوع الطعام الذى تتأثر به فسيولوجية الجسم مباشرة، ويتوقف ذلك على درجة الحرارة. فتحت الظروف اتجربة الباردة يحتاج الجسم إلى كمية كبيرة من الطعام ترتفع با نسبة الدهون والكربوهيدرات

وكذلك الفيتامينات والمعادن الضرورية، التي تغطي الجسم سمات حرارية عالية تمكنه من مقاومة البرودة، ليحافظ على حرارته. أما المتطلبات الغذائية في المناخات المدارية الحارة فتختلف عن مثيلاتها في العروض الوسطى، وبصفة خاصة في زيادة كمية الملح في الطعام والماء وبعض الفيتامينات.

والواقع أن نقص السمات الحرارية لجسم الإنسان وقلة الفيتامينات والمعادن به تعرضه لأمراض سوء التغذية.

ومن الملاحظ أن اعتدال المناخ في دلتا النيل كان له أكبر الأثر في تحديد نوعية غذاء سكانها وكميته، هذا ولا يغنى علينا ما لمستوى المعيشة والموارد المتاحة من أثر في ذلك. فالسواد الأعظم من سكان الدلتا يكاد يكون نباتياً رغم إرادته، تبعاً لعدم حاجته إلى وجود كميات كبيرة من الدهون والبروتينات في غذائه، وعلى ذلك فهو من أكلة الخبز أساساً. ولعل الشمس المشرقة، لفترات طويلة من السنة وحدها هي غذاءه الحقيقي وعلاجه الأول من سوء التغذية.

المناخ والأمراض في بيئة دلتا النيل

تلعب كثير من العوامل مثل النظافة والتغذية والعلاقات الاجتماعية دوراً في تحديد أسباب الأمراض وانتشارها. ويعد المناخ عاملاً آخر له أهميته في هذا الشأن، ولعل أبسط مظهر وانعكاس لتأثيره على الأمراض يتمثل في ظاهرتين أساسيتين هما: (أولاً) العلاقة بين العوامل الجوية والعائل المضيف للأمراض، حيث تبين أن التفير المفاجئ في حالة الجو هو السبب الرئيسي لاضطراب أجهزة وأعضاء الجسم وخصوصاً الكبد والكلية والمعدة. و(ثانياً) التأثيرات المناخية على المناعة الطبيعية للجسم. ولقد ثبت بما لا يدع مجالاً للشك أنه ليس لوثق من العلاقة التي تربط بين تغيرات الجو وخاصة بالنسبة لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة، وكثير من الأمراض العنوية منها والنفسية.

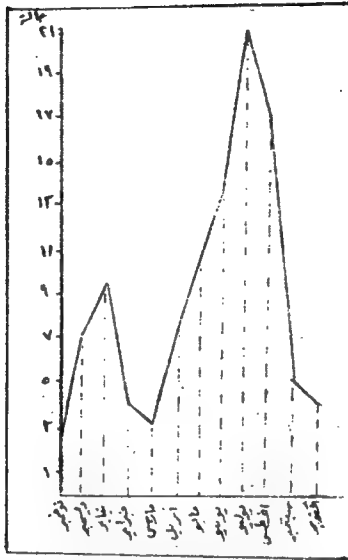
وقد أجريت أبحاث طبية كثيرة في أنحاء عديدة من العالم عن علاقة الجو بالأمراض من بينها البحث الذي قرر فيه «سولكوترزومب»^(١): أن الشهر الذي يولد فيه المرء خلاله، قد تكون له صلة بالأمراض التي يمكن أن يتعرض لها في المستقبل. فلقد اتضح من الإحصاءات أن كثيراً من المصابين بمرض انقصاص الشخصية (في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا) من مواليد يناير وفبراير ومارس ويمكن العثور على سبب ذلك خلال السنة الأولى قبل الولادة. وبمعنى آخر خلال أشهر الصيف الحارة، ففي الشهر

(١) عالم هولندي، مدير معهد لابين الهولندي المتخصص في دراسة تأثير الجو على الإنسان والحيوانات والنباتات، الأهرام ٣ مايو ١٩٧٠، ص ١.

الثالث بعد بدء الحمل تبدأ المرحلة التي يتحدد فيها غلاف الجنين. والأرجح أن ارتفاع ارتفاع درجة الحرارة خلال تلك الشهور، وقلة استهلاك البروتين، في مقدمة الأسباب التي تؤدي إلى حدوث خلل في ذلك الغلاف. وقد أوضح هذا البحث أيضاً: أن أكثر المصابين بالسرطان (في نصف الكرة الشمالي) يكونون من مواليد ديسمبر ويناير وفبراير ومارس، وأن الأصابة في تلك المنطقة بهذا المرض تكون أقل بمراحل بين مواليد شهري يونيو ويوليو.

وفي مصر، أجريت أبحاث هامة عن الصلة بين المناخ والأمراض، منها بحث عن العلاقة بين الجو ونزيف دوالي المرئ والأمعاء^(١). وقد أجرى هذا البحث على ١٠٠ مريض ٩٠٪ منهم من دلتا النيل، وبصفة خاصة من المنصورة وطمطا، وأنهى إلى أن منحني النزيف كان يزداد ابتداء من نهاية شهر مارس حتى يصل إلى القمة في شهري يوليو وأغسطس ثم يبدأ في الهبوط والعودة إلى معدله العادي (أنظر شكل رقم ٩-٦)، وكان متوسط كمية النزيف في كل مرة ولكن حالة حوالي ١/٢ لتر من الدم، وأن ٦٠٪ من الحالات كانت تحتاج إلى عمليات نقل الدم. وتبين أن ارتفاع درجة الحرارة في شهور مايو ويوليو وأغسطس إلى ٣١،٥ و ٣٣،٥ و ٣٥ مئوية، على الترتيب، أدى إلى زيادة حالات النزيف من ٧ حالات في شهر أبريل إلى ١٠ في شهر مايو، و ١٣ في يونيو، و ٢٠ في يوليو، و ١٦ في أغسطس. وتبين من ذلك أن فترة النزيف تعظم في شهري يوليو وأغسطس (٣٦٪ من الحالات). ولقد أوضح البحث كذلك أسباب ارتفاع نسبة الأصابة بالنزيف تبعاً لتغير درجة الحرارة ونسبة الرطوبة وحددتها بفترتين. الأولى، من أواخر ديسمبر إلى فبراير وهي فترة الانخفاض الشديد في درجة الحرارة التي تؤدي عادة إلى كثرة الاستقرار والبقاء داخل الأماكن المغلقة التي تحتوي على نسبة كبيرة من ثاني أكسيد الكربون الذي يساعد على ضعف جدران الأوردة الدموية مما يؤدي إلى الضغط على الوريد البابي، وهو أصلاً مرتفع بالنسبة لمرضى دوالي المرئ والتليف الكبدي وتكون النتيجة استمرار النزيف طول مدة بقاء نسبة ثاني أكسيد الكربون مرتفعة. إلا أن نسبة الأصابة في هذه الفترة أقل بكثير من فترة الصيف الحارة. والفترة الثانية، وتختصر فترة الخطر هذه في شهري يوليو وأغسطس حيث الحرارة المرتفعة والرطوبة الزائدة التي تؤدي إلى زيادة كمية وتركيز الدم في الجسم وانقباض الضحال مما يتسبب عنه زيادة كمية الدم في الوريد الدموي البابي وبالتالي في دوالي المرئ وتكون المحصلة النهائية نزيفاً جديداً ومستمراً.

(١) عالم هولندي، مدير معهد لايدن الهولندي المتخصص في دراسة تأثير الجو على الإنسان والحيوانات والنباتات، الأهرام ٣ مايو ١٩٧٠، ص ١.



(شكل رقم ٦-٩)، عدد حالات النزيف من دوالي النهر في شهور السنة (الأهرام ١٩٧٩/٥/٦)

ولقد تبين أيضاً أن أنواع التيف المختلفة وليست المتعلقة فقط بدوالي النهر والأمعاء فتأثر أيضاً بدرجة الحرارة، فالنزيف الدموي الداخلي عن طريق الفم أو الشرج، بسبب فرحات المعدة المزمنة وفرحات الأمعاء وتليف الكبد، ويقاثر كثيراً بدرجة حرارة الدم التي يعمل تغييرها على مضاعفة المرض وزيادة خطورته.

ولا ينعكس أثر تغير حرارة الجو، في دلتا النيل، وبصفة خاصة درجة الحرارة على اضطراب أعضاء الجسم، كما ينعكس على أجهزة الكلى والكبد والمعدة. فلقد ثبت أن هناك علاقة مؤكدة بين تغير درجة الحرارة وحصوات الكلى وتجلط الدم في الأوردة، فحيث يشن ارتفاع درجة الحرارة مع رياح الخماسين في أيام الربيع والصيف الحارة، يزداد العرق وتنقص معه الأملاح في الجسم ويؤدي هذا إلى سرعة تكوين حصوات الكلى

وجلططات الأوردة، كما ينقُصُ الماء في الجسم أيضاً مما يعمل على زيادة تركيز الدم وتركيز البول. وكوسيلة للعلاج تستعمل أفراس ملح الطعام لمقاومة تأثير الجو الحار على تكوين الدم وصفاته، بالإضافة إلى الأكل من شرب الماء. وفضلاً عن ذلك يتأثر المخ وافرازات هرمونات الجسم بفترات الموجات الباردة أو الحارة التي تتقارب دلتا النيل في شهور الشتاء والربيع، كما تزداد نسبة الأزمات القلبية والذبحات الصدرية والمخية في هاتين الفترتين. وكذلك تكثر الأمراض الصدرية والحصبة «حمى القرمزية في الفصلين السابقين ويعظم انتشارها بين سكان الدلتا عنها في الصيف والخريف.

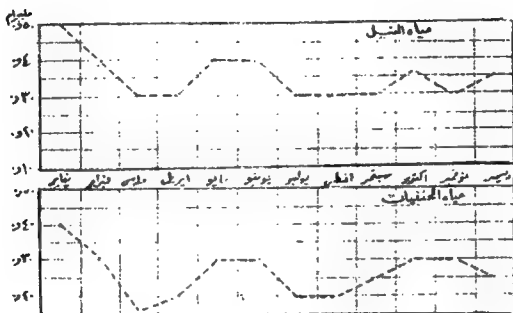
وتزيد الأمراض النفسية والعقلية في الربيع وأوائل الصيف، وخاصة الأمراض العقلية مثل النكسات والانقصاص والاكتئاب، ولقد تعددت أسباب ذلك فقليل أن تغيرات فسيولوجية وبيولوجية تحدث في الجسم أثناء هذا التغير في الفصول مما يؤثر الاستعداد الموجود عند الإنسان لهذه الأمراض. وإذا كان إنخفاض درجة الحرارة مسلولاً عن أخطار أمراض البرد والنزلات الشعبية فإن تزييرات الجو الحار تكون أكثر ضرراً وخصوصاً على الواطنف الحيوية في الجسم.

نصل من هذا كله، إلى أنه وأن كان التغير في حالة الجو يعد عاملاً هاماً في ظهور أعراض مرضية كثيرة، فإن لاعتدال الظروف المناخية فوائد عظيمة على مقاومة الأمراض والشفاء منها كالهواء المتجدد، وأشعة الشمس الساطعة ودرجات الحرارة المعتدلة ونسبة الرطوبة المناسبة ذات قيمة طبية وعلاجية كبيرة - فلقد عرف منذ القدم أن نجدد الهواء وجفافه له أثر في علاج كثير من الأمراض مثل الدرن والريو، كما أن ابن العظام وتسوس الأسنان وبعض الأمراض الجلدية يحتاج علاجها إلى التعرض لأشعة الشمس (فوق البنفسجية).

ومن الملاحظ في هذا الصدد أنه نظراً لما تمتاز به منطقة دلتا النيل من اعتدال الأحوال الجوية وخصوصاً سطوع الشمس أغلب أيام السنة، مما كان له أكبر الأثر في ضائلة نسبة الإصابة لكثير من الأمراض المعروفة عند سكانها، فمثلاً مرض تسوس الأسنان، الذي ثبت أن نسبة الإصابة التي تقل بين قاطنى الدلتا بما يحصلون من فيتامين (د) الذي تساعد على تكوينه في الجسم الأشعة فوق البنفسجية.

وفضلاً عن ذلك فإن ارتفاع درجة الحرارة أحياناً إلى ٤٠° مئوية خلال أيام الصيف الطويلة تدفع الإنسان، في الدلتا، إلى شرب كميات كبيرة من المياه تفوق معدلات الكمية التي يشربها الأمريكي مثلاً وبالتالي فإن كمية الفلوريد، في مصادر مياه الشرب ومن مياه النيل ومياه الصنابير تزداد تركيزها في فترات الحرارة المرتفعة وبالتالي فإن هذه

الكمية التي يمتصها الجسم والإنسان تفوق بالضرورة تلك التي يحصل عليها الأمريكي
(شكل رقم: ١٠-٦).



(شكل رقم: ١٠-٦)

نسبة الفلوريد بالمليجرام في كل لتر من المياه على مدار السنة

(الأهرام ١٩٧١/٥/٤)

الفصل السابع

المناخ وأنشطة الإنسان

مع التطبيق علي بيئة دلتا النيل

المناخ وأنشطة الإنسان مع التطبيق علي بيئة دلتا النيل

أولاً، المناخ والنشاط الزراعي

تؤثر العوامل الطبيعية البيئية الزراعية، بطريقة مباشرة أو غير مباشرة في حياة النبات وسلوكه. ويظهر هذا التأثير على هيئة إستجابات وظيفية (مثل النقص في نشاط التمثيل الضوئي) أو على هيئة إختلافات في النمو وتغيرات في التركيب. ونظراً لأن الأنواع النباتية تختلف إختلافاً كبيراً في طبيعتها وفي درجة إستجابتها، فإن هناك عوامل معينة هي التي تعد الجهد المباشر التي يتجيب لها النبات، أما العوامل الأخرى فإنها تؤثر في النبات عن طريق تأثيرها على هذه أنوعاً، أي بطريق غير مباشر.

وقد يتأثر النبات ببعض العوامل المباشرة مثل غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز الأوكسجين والجاذبية الأرضية، إلا أنها ذات تأثير طفيف بالقياس للعوامل البيئية الأخرى التي يظهر تأثيرها بشكل واضح على النبات. ومن أمثلة العوامل الأخيرة نذكر: حرارة انترية، والهواء المحيط بالنبات، ونسبة الرطوبة في الجو، والضوء. وهذه العوامل على جانب كبير من الأهمية، لما لها من تأثير مباشر على الأطوار المختلفة لحياة النبات. وعلى الرغم من ذلك لم تلق دراسة هذه العوامل من وجهة نظر الإستخدام الزراعي إهتماماً كبيراً من جانب المشغلين بالعلوم الميترولوجية والمناخية حتى عهد قريب لأسباب التي ذكرها ستامب (1948) D-Stamp، ونلخصها في النقاط الآتية:

١- أن الأرصاد الأساسية في الدراسات المناخية توجه أساساً للدراسة البحتة للمناخ، ولا توجه لدراسة أثر المناخ في حياة النبات وسلوكه، ولهذا فإن الحقائق المهمة بالنسبة للميترولوجي أو عالم المناخ قد لا تكون ذات قيمة بالنسبة للزراعيين، وبالمثل فإن كثيراً من الحقائق التي تهتم الزراعيين لا تلقى الإهتمام الكافي من جانب الميترولوجيين أو علماء المناخ.

٢- قلة الإهتمام بدراسة الظروف المناخية للطبقة القريبة من سطح الأرض من الغلاف الغازي (المناخ التفصيلي Microclimatology، والحاجة إلى أرصاد مناخية توضح قيمة الظروف المحلية المؤثرة على الحياة الزراعية بالإقليم، ولم يزل الكثير مجهولاً حول حقائق هذا الميدان، مثل أثر العوامل الجوية على مختلف أنواع الزراعات والمقنات المائية للأراضي.

وتختلف الأرصاد الجوية الزراعية عن الأرصاد الجوية العامة، حيث تدخل في حسابها الاحتياجات الحرارية للنبات سواء للمجموع الجذرى (حرارة التربة) أو للمجموع الخضري (حرارة السطح). كذلك تقاس كمية الرطوبة ونسبتها، كما تقاس سرعة الرياح على إرتفاعات مختلفة وقريبة من التربة إلى غير ذلك من قياسات العناصر المناخية الأخرى.

(١) درجة حرارة التربة،

تقاس درجة حرارة التربة في حقول ثلاثة: حقل خال من الزراعات Dry Field وحقل مبتل (مروى) Wet Field وحقل الحشائش (به زراعات) Grass Field والأخير هو مايهما في هذه الدراسة.

وتهتم محطات الأرصاد الجوية الزراعية بقياس درجة حرارة التربة على أعماق مختلفة، وذلك لتأثير هذه الحرارة على المجموع الجذرى للنبات في أطواره المختلفة. بالإضافة إلى تأثيرها في العمليات الحيوية والكيميائية والطبيعية التي تجرى في التربة فهي تؤثر في معدل امتصاص الماء والمواد الذائبة فيه، كما أنها تؤثر في إنبات البذور وسرعة نمو الجذور وغير ذلك من الأجزاء الأرضية للنبات وبالتالي على الأجزاء الهوائية. وهي كذلك منشط قوى لجميع التفاعلات الكيميائية، كما إنها تؤثر في جميع العمليات الطبيعية التي تحدث بالتربة كسرعة التبخر وإنتشار الغازات والأبخرة والأملاح الذائبة فمثلاً تنقص سرعة الفتح بالنسبة للنباتات التي يمدد مجموعها الجذرى في تربة تنخفض درجة حرارتها على عكس النباتات التي تعيش جذورها في درجات حرارة مرتفعة.

وتتأثر درجة حرارة التربة بمجموعة من العوامل الطبيعية والصناعية نجعلها فيما يلي:

١ - الحرارة النوعية لمادة حبيبات التربة. فمن المعروف أن الحرارة النوعية للأراضي الطينية والصفراء أكبر من الحرارة النوعية للأراضي الرملية.

٢ - ماء التربة. ويحصر مدى تأثير التربة بهذا العامل بالشكل التالي:

أ - أثر الماء على الحرارة النوعية ج - أثر الرشح

ب - أثر تبخر الماء د - أثر الصرف

٣ - المزروعات: حيث تعمل كغطاء يحجب أشعة الشمس وفي نفس الوقت يمنع تسرب درجة الحرارة مما يجعل مجال التغير فيها صغيراً.

٤ - درجة توصيل التربة للحرارة حسب مساحة سطوح التلامس الموجودة بين الحبيبات.

٥ - لون التربة حيث يؤثر في امتصاص الحرارة، فكلما كانت التربة أففتح لوناً كلما قل امتصاصها.

٦ - أثر الرياح والسحب، حيث تخفض الأولى من درجة حرارة التربة المبتلة، كما تعمل الثانية على عدم تبديد الحرارة وبذلك تعد الليالي ذات السماء الملبدة بالسحب ليال دافئة.

٧ - تأثير زاوية سقوط الأشعة الشمسية حيث تختلف في الشتاء عنها في الصيف. والجدول التالي (جدول رقم : ٧ -) يبين درجة حرارة التربة على أعماق مختلفة تنحصر بين ٥ سم، ١٠ سم، وهي ما يعتقد أن المجموع الجذري لمعظم النباتات (في منطقة الدلتا) يمتد على أعماقها.

(جدول رقم : ٧ -)

معدل درجات حرارة التربة لمحطات الأرصاد الزراعية في دلتا النيل

المحطة	العمق (سم)	فصل الربيع	فصل الصيف	فصل الخريف	فصل الشتاء
		مارس - إبريل - مايو	يونيو - يوليو - أغسطس	سبتمبر - أكتوبر - نوفمبر	ديسمبر - يناير - فبراير
سقا	٦٠	٢٤,١ ٢٦,١ ١٨,٦	٢٩,٧ ٢٨,٨ ٣٦,٧	٢٤,٢ ٢٧,٢ ٢٩,٠	١٧,٤ ١٧,٩ ٢٠,٤
	١١٠	٢٢,٠ ٢٠,٤ ١٨,٩	٢٨,٥ ٢٧,٤ ٣٥,٢	٢٤,٩ ٢٦,٩ ٢٨,٢	١٨,٤ ١٨,٩ ٢١,٧
إدقينا	٦٠	٢٥,١ ٢١,٠ ١٨,٤	٢٧,٧ ٢٩,٥ ٣٩,٦	٢٤,٩ ٢٢,٧ ٢٧,٢	١٨,٨ ١٦,٠ ٢٠
	١١٠	٢٢,٧ ٢١,٢ ١٩,٢	٢٥,٩ ٢٧,٧ ٣٨,٧	٢٥,٤ ٢٧,٥ ٢٩,٠	١٩,٢ ١٩,٧ ٢٢,٤
الجميزة	١٠	٢٢,٧ ٢٢,٦ ١٩,٢	٢١,٥ ٢٢,٨ ٢٢,٤	٢٢,٠ ٢٩,٠ ٢٢,٨	١٧,٤ ١٥,٢ ١٧,٠
	٥٠	٢٤,٤ ٢١,٠ ١٨,٢	٢٢,٤ ٢٩,٥ ٢٠,٥	٢٦,٦ ٢٧,٢ ٢٢,٨	١٩,٠ ١٦,٨ ١٦,٧
	١٠٠	٢٢,١ ٢٠,٤ ١٨,٦	٢٥,٧ ٢٧,٦ ٢٨,٤	٢٨,٢ ٢٦,٢ ٢٤,١	١٩,٨ ١٨,٥ ١٧,٩
الزقازيق	٥	٢٤,٦ ٢١,١ ١٧,٩	٢٨,٤ ٢٠,٤ ٢٠,٢	٢٩,١ ٢٦,٦ ١٩,٩	١٥,٢ ١٢,٠ ١٤,٨
	١٠	٢٢,٨ ٢٠,٢ ١٧,٤	٢٧,١ ٢٩,٢ ٢٨,٩	٢٨,٥ ٢٥,٢ ١٩,٢	١٥,٠ ١٢,٨ ١٢,٥
	٢٠	٢٢,٢ ١٩,٧ ١٧,٠	٢٦,٦ ٢٨,٨ ٢٨,٢	٢٧,٢ ٢٥,٢ ١٨,٩	١٤,٨ ١٢,٧ ١٤,٤
الجميزة	٥	٢٦,٢ ١٩,٧ ١٦,٢	٢٥,١ ٢٦,٥ ٢٢,٢	٢٥,٠ ٢١,٢ ٢٧,٢	١٤,٢ ١٢,٠ ١٤,٠
	١٠	٢٥,٦ ٢٠,٠ ١٥,٦	٢٤,٥ ٢٤,١ ٢٦,٥	٢٤,٤ ٢١,١ ١٧,٥	١٤,٢ ١١,٩ ١٢,٥
	٢٠	٢٥,٤ ١٩,٠ ١٥,٤	٢٥,٤ ٢٦,٦ ٢٦,٩	٢٥,٠ ٢٢,١ ١٩,٢	١٥,٧ ١٢,٨ ١٢,٢
	٥٠	٢٦,٨ ١٩,٢ ١٦,٨	٢٤,٥ ٢٦,١ ٢٦,٢	٢٤,٠ ٢١,٢ ١٩,٢	١٨,٠ ١٥,٢ ١٥,٤
	١٠٠	١٧,٠ ١٨,٩ ٢١,٢	٢٥,٢ ٢٦,٠ ٢٦,٠	٢٥,٢ ٢٤,٧ ٢٢,٦	٢٠,٠ ١٦,٥ ١٧,٠

والملاحظ بصفة عامة أن درجة حرارة التربة ترتفع بالتعمق حيث يزيد البعد عن السطح البارد في هذا الفصل، كما أنها ترتفع أيضاً في العمق الواحد في الشهور من إبريل حتى سبتمبر. ويمثل العمق ٥٠ سنتيمتراً مرحلة إنتقال بين العمقين ٢٠ سنتيمتراً، ١٠٠ سنتيمتراً (في محطة الجميزة) حيث نجد أن درجة حرارة التربة تنخفض على العمق الأخير في شهور الصيف تبعاً لزيادة البعد عن السطح الحار في هذه الشهور.

وفضلا عن هذه الاختلافات الفصلية والشهرية لدرجة حرارة التربة على الأعماق المختلفة فإن درجة حرارة التربة على بعد ٥ سنتيمتراً تقريباً تختلف على طول اليوم، فعلى حين تكون درجة حرارة هذه الطبقة أكثر إنخفاضاً في السادسة صباحاً، ترتفع حرارتها بشكل ملحوظ عند الظهر ثم تميل إلى الإنخفاض عند المساء مرة أخرى حتى تكاد تقترب من درجة حرارة السطح. على أن هذه الاختلافات الجوهرية في درجة حرارة التربة تظهر في الطبقات السطحية فقط، وتقل هذه التغيرات مع التعمق تبعاً لتأخر ظهور الموجات الحرارية في هذه الأعماق. فإذا وصلت النهاية النسبية لحرارة السطح عند الساعة السابعة صباحاً فإنها تصل إلى عمق ٣٠ سنتيمتراً في الثانية بعد الظهر، وإذا وصلت النهاية العظمى لدرجة الحرارة على السطح الساعة الواحدة ظهراً فإنها تظهر في الساعة الثانية على عمق ٥ سنتيمتراً وفي السادسة على عمق ١٠ سنتيمتراً حتى تصل عند منتصف الليل إلى عمق ٣٠ سنتيمتراً.

وقد تنذبذب درجة الحرارة السطحية للتربة في مدى واسع خلال اليوم. فيصل حدها الأقصى أحياناً إلى أكثر من ٤٠° مئوية، وتؤدي مثل هذه الدرجات العالية من الحرارة (وقت الخماسين) إلى تغيرات مهلكة تظهر على سوق النباتات التي غالباً ما تذوي وتموت. على أن التربة سواء السطحية أو السفلية، تستجيب ببطء للتغيرات في درجة حرارة الهواء الخارجي. ولذلك تعيش الجذور في وسط أكثر انتظاماً من الوسط الذي يعيش فيه المجموع الخضري للنبات.

ويقل معدل الإمتصاص النباتي في بيئة دلتا النيل كلما إنخفضت درجة حرارة التربة، شأنه في ذلك كشأن سائر العمليات الطبيعية والكيميائية التي تحدث داخل الجذور. إذ أن درجة الحرارة المنخفضة لا تسمح إلا بمعدل إمتصاص محدود. ففي فصل الشتاء، حيث لا تتوافر الظروف الملائمة للنبات من حيث درجة حرارة التربة يقل المعدل الأمثل للإمتصاص، ويؤثر ذلك بالتالي على النتج وعلاقته بتقزم النباتات. وليس أدل على ذلك من الضرر الذي يصيب نبات القمح وغيره من النباتات الشتوية في باكورة الربيع نتيجة لدفع الجو واشتداد الرياح الخماسينية الحارة في وقت تكون فيه التربة مازالت باردة، ففي مثل هذه الظروف يزيد النتج على الإمتصاص. ومن المحتمل أن يكون موت النباتات في الدلتا في فصل الشتاء ناجماً عن جفاف انسجتها أكثر من ما هو ناجم عن تجمدها.

وتساعد الدرجات الملائمة من حرارة التربة في بيئة دلتا النيل على سرعة انبات البذور واستقرار البادرات. وتختلف النباتات كثيراً من حيث إحتياجاتها لدرجة حرارة التربة اللازمة لانبات بذورها. فالقمح ينمو حتى حد أدنى من درجات الحرارة مقداره ٤,٤° مئوية، وينمو أحسن ما يكون في درجة ٢٨,٨° مئوية (٨٤°ف)، كما أنه يحتاج إلى التعرض لدرجة حرارة منخفضة فترة من الوقت ولا أخفق في تكوين السنبال. بينما

تحتاج الأذرة إلى حرارة حدها الأدنى مقداره ٩,٤° مئوية (٤٩°ف)، والحد الأمثل لنموها يصل إلى ٢٣,٨° مئوية (٩٣°ف)، أي أنها تحتاج إلى تربة درجة حرارتها مرتفعة. ومن ذلك تنبع الحكمة من خف البادرات في الحقل، وذلك لوصول حرارة كافية لإنتاج غطاء جيد من هذه البادرات. وتنمو الدرنات الصغيرة للبطاطس في التربة بسرعة عندما تصبح درجة حرارتها ٢٣,٨° مئوية تقريباً (٧٥°ف)، بينما يبدأ نموها عند درجة ١٧,٧° مئوية (٦٤°ف) وارتفاع درجة حرارة التربة فوق ٦٤° مئوية يسبب ضرراً كاملاً للنبات.

وخلاصة القول أنه يمكن التحكم في درجة حرارة التربة بأن تبقى مواردها المائية عند الحد الأمثل، ويتحقق ذلك بالصرف أو الري، وباستعمال الأساليب الزراعية الصحيحة التي تكفل الحصول على تركيب جيد للتربة، وكذلك بالعمل على وجود قدر كاف من المادة العضوية على التربة.

(٢) درجة حرارة التربة

نعني بدرجة حرارة السطح حرارة الهواء الذي يخلف القشرة الخارجية السطحية للتربة. ولقد لاقت درجة حرارة السطح وارتباطها بانتاج المحاصيل عناية كبيرة نظراً لأنها تعد من العوامل الجوية وأعظمها تأثيراً في نمو المجموع الخضري للنبات. ويشبه تأثيرها كذلك تأثير الماء في النبات، فهي تؤثر من قريب أو بعيد على كل وظيفة... الوظائف تقريباً. فكل العمليات الكيميائية اللازمة للتحويل الغذائي تتوقف على درجة حرارة السطح حيث يرتفع معدل هذه العمليات بارتفاعها إلى أن يصل إلى درجته المثلى. وإذا ما انجمست حتى تصل إلى حد معين أدى هذا الانخفاض إلى إبطاء عملية النمو، وذلك لأن درجة الحرارة السطحية المنخفضة تعوق إنقسام الخلية في النبات، كما تؤدي إلى تحديد عملية التمثيل الضوئي، وإذا ما انخفضت عن الحد الأدنى للنمو توقفت عملية التنفس^(١) وتبع ذلك القضاء على النبات.

ويعمل امتصاص الحرارة من الهواء على تنظيم درجة حرارة الأنسجة النباتية بحيث يمنعها من الانخفاض. وبالرغم من ذلك فإن لهذه القاعدة بعض الشواذ التي تستحق الذكر، فدرجة حرارة النبات، خاصة الساق والأوراق، قد ترتفع عن درجة حرارة الهواء بمقدار يتراوح بين ١٠° مئوية و ١٥° مئوية. وفي حالة التغير الفجائي في درجة حرارة السطح - يكون استجابة النبات لهذا التغير أبطأ من استجابة الهواء له، وعلى ذلك تكون درجة حرارته في وقت أعلى أو أقل من درجة حرارة الهواء، ويرجع ذلك إلى وفرة الماء في الأنسجة النباتية، وارتفاع حرارته النوعية. وتباطؤ النبات في الاستجابة لهذا التغير يناسب مع كتلته وسطحه. وتعد التقلبات الداخلية في درجة حرارة النبات ذات أهمية كبيرة نظراً للاقتران ببعض الأمراض مثل لفحة الشمس^(٢).

(١) تلاحظ عملية امتصاص من عمليات النبات النشطة التي تنطلق منها الحرارة، ولا تنشط هذه العملية إلا في درجات الحرارة العالية نسبياً، ويهبط معدلها بانخفاض درجة الحرارة السطحية.

(٢) يصيب هذا المرض معظم المحاصيل الصيفية في بيئة دافئة التربة.

وفيما يختص بالانبات تؤثر درجة حرارة السطح تأثيرا واضحا على توطن النباتات، كما تؤثر تأثيرا مباشر في التكاثر. وعلى ذلك فدرجة حرارة النبات ترتبط ارتباطا تاما بالوسط المحيط بها.

درجات حرارة السطح المناسبة وغير المناسبة للنباتات:

يلعب الوسط المحيط دورا هاما في تحديد درجة حرارة الهواء على كل نوع من أنواع النبات. فقد ألف كل نوع معين، ولأجيال لاتحصى، نهيتين محددين: إحداهما للحرارة القصوى والأخرى للحرارة الدنيا. ودرجات الحرارة خارج نطاق هاتين النهاتين تعمل على إيقاف النشاط النباتي، بينما يتحمل النبات ويعيش خلال المدى الحراري بينهما.

درجة الحرارة القصوى: تختلف درجات الحرارة القصوى التي يتحملها النبات دون أن تترك به أثرا ضارا قد يسبب القضاء عليه، تبعا لإختلاف الأنواع النباتية. ومثل هذه الدرجات من الحرارة تتصل اتصالا وثيقا في الطبيعة بالأختلافات في العلاقات المائية، مثل الحد المائي الميسور للجذور وتأثير فقد الماء في خفض درجة حرارة الأوراق والساق، بحيث لايمكن الفصل بين هذه العلاقات المائية وبين التأثيرات الحرارية في درجات الحرارة المرتفعة. وبسبب هذه العلاقات المائية وغيرها من العلاقات يهبط معدل النمو هبوطا سريعا بازدياد الحرارة حتى إذا تجاوزت هذه الدرجة حدا معينا وصل معدل النمو درجة يقضى فيها على النبات.

درجة الحرارة الدنيا: تبلغ درجة الحرارة الدنيا درجة تجمد الماء تقريبا. ويختلف درجات الحرارة الدنيا بإختلاف أوقات السنة، كما تختلف أيضا بإختلاف الأحوال المتباينة للنبات، والسبب الأساسي لهذا الإختلاف هو كمية الماء يحتويها النبات، فنذبل الأوراق التي تحتوى على كمية كبيرة من الماء حينما تنخفض الحرارة إلى درجة التجمد.

درجة الحرارة المثلى: تسمى درجة الحرارة التي تكون عندها الوظائف النباتية في أحسن وأمثل حالاتها باسم درجة الحرارة المثلى، ويصعب تحديد هذه الدرجات للعمليات الحيوية المختلفة مثل التمثيل الضوئي، وعملية التنفس، وعملية التكاثر، وذلك لأن كل من هذه العمليات يتوقف على مجموعة من العوامل الطبيعية والكيميائية، وعادة لا تتفق العمليات الفسيولوجية المختلفة في درجات حرارتها المثلى، فدرجة الحرارة المثلى لعملية التنفس مثلا أعلى من نظيرتها لعملية تجهيز الغذاء. وعلى ذلك يبدو واضحا أن العوامل البيئية المثلى ومنها درجة حرارة السطح التي عندها تبلغ الوظائف النباتية كلها أحسن حالة لها لا يمكن أن تكون درجة واحدة بل مدى يدخل عدة درجات على الأقل.

وتختلف الإحتياجات الحرارية للنباتات المختلفة في أطوار الأنبات والنمو والنضج. ومنذ سنين كثيرة قامت محاولات لتحديد مجموع الوحدات الحرارية الفعالة التي تلزم لنمو مختلف المحصولات حتى مرحلة النضج. ولما كانت كل درجات الحرارة تحت درجة الحرارة الدنيا ليس لها أى تأثير فى زيادة معدل النمو، كان من الضرورى أولا اختيار ما يعرف باسم الصفر النباتى أو صفر النمو zero-point of Growth، أى درجة الحرارة التي فوقها يبدأ عملية النمو. ولما كان الصفر النباتى يختلف باختلاف المحصولات، كما يختلف أيضا، ولحد ما، باختلاف الظروف الأخرى مثل التضاريس الأرضية ودائرة العرض وطول النهار... وغيرها، فقد أقترح بعض الباحثين درجات حرارية مختلفة لهذا الصفر النباتى. ومن هذه الإقتراحات متوسط درجة الحرارة النهارية لليوم الوسط الذى يزرع فيه المحصول، وهذه الدرجة الأخيرة وجد أنها تبلغ حوالى ٢٠,٧ مئوية (٣٧°ف) للقمح، ١٢,٧ مئوية (٥٥°ف) للذرة، ١٦,٦ مئوية (٦٢°ف) للقطن. وصفر النمو لا يختلف إلا قليلا باختلاف المكان، ومهما كان الأمر فإن الأصفار النباتية التي استعملت بكثرة لنمو مختلف المحاصيل هي المحاصيل هي ٦,١ مئوية (٤٣°ف) و ٥,٥ مئوية (٤٢°ف) و ٤,٤ مئوية (٤٠°ف) (١).

(١) هناك ثلاث طرق استعملت لتقدير كمية الحرارة فوق درجة الصفر النباتى ومدى تأثيرها على نمو النباتات. أولا، طريقة الدلائل الأسية: استعملت هذه الطريقة لتقدير كفاية درجة الحرارة لعملية النمو والأساس الذى بنيت عليه هذه الطريقة هو أن الوظائف الفسيولوجية لعمليات التحول الغذائى ماهى إلا عمليات كيميائية وطبيعية تنبع المبدأ الذى يقرر أن -سرعة التفاعل الكيميائى يتضاعف تقريبا لكل ارتفاع فى درجة الحرارة قدره ١٠ درجة مئوية (٥٠°ف). فإذا فرض أن معدل النشاط العادى للنبات يساوى الوحدة عندما يبلغ متوسط درجة الحرارة اليومى ٤,٤ م (٤٠°ف) وأن هذا المعدل يتضاعف لكل ارتفاع فى متوسط درجة الحرارة اليومى قدره ١٠ م (٥٠°ف)، فإنه يمكن حساب الأعداد الأسية لكفاية درجة الحرارة. فإذا كان المتوسط اليومى مثلا يساوى ١٤,٤ م (٥٨°ف) بلغ المعدل ٢، وإذا كان المتوسط يساوى ٢٤,٤ م (٧٦°ف) بلغ المعدل ٤ وهكذا. وبالتعرض فى القانون:

$$y = \frac{t - 4.4}{10} \quad (\text{مئوية}) \text{ أو } y = \frac{t - 39}{1.8} \quad (\text{فهرنيتى})$$

يمكن إيجاد دليل الكافية ي لأى درجة من الدرجات ت. فمثلا دليل الكافية لدرجة ٣٤,٤ م يساوى ٣ م. ولايصحب الإرتفاع فى درجة الحرارة زيادة فى معدل النمو من أنماها إلى أقصاها. فمثلا بدلا من أن يتضاعف نمر نبات القمح عند درجة ٣٧,٧ م (١٠٠°ف) يحدث فى الحقيقة إنخفاض عند درجة ٢٧,٧ م (٨٢°ف). وعلى ذلك يمكن إيجاد الحرارة العظمى التي فوقها يبدأ معدل النمو فى الانخفاض بعد أن كان متزايدا.

ثانيا، طريقة الدلائل الفسيولوجية، يراعى فى حساب كفاية درجة الحرارة العملية النمو فى النبات

وبمراجعة معدلات درجة حرارة الهواء والنباتات العظمى والصغرى لخمس سنوات، تبدأ من يناير ١٩٨٤ حتى ديسمبر ١٩٨٨ يوماً بيوماً، ومعدل الفترة من ١٩٦٨ - ١٩٨٨ لمحطات الإسكندرية ودمهور وطلطا والرقازيق والجيزة، تبين أن درجات الحرارة السائدة سواء في نهايتها العظمى أو الصغرى تلائم الإحتياجات الحرارية لمعظم النباتات التي تزرع في بيئة دلنا الدليل سواء في حاجتها العظمى أو المثلثى، كما أنها تكون دائما وتظل السنة فوق صفر النمو لكل المحاصيل، ويبدو ذلك واضحا من مقارنة درجات الحرارة (العظمى والصغرى) للمحطات السابقة بالجدول التالي:

ومن المقارنة السابقة يمكن أن نقسم المحاصيل السابقة بحسب إحتياجاتها الحرارية إلى:

- ١- محاصيل ثلاثها درجات الحرارة المنخفضة (١٥° - ١٨°) ولا تتحمل درجة حرارة الصيف المرتفعة وهذه المحاصيل متعددة منها القمح والشعير والبطاطس.
- ٢- محاصيل لا تتحمل البرودة وثلاثها درجات الحرارة المرتفعة (أكثر من ٢٠°م) مثل القطن والذرة الشامية والأرز.
- ٣- محاصيل ثلاثها حدود حرارية واسعة (١٣° - ٣٠°م) مثل البرسيم والفول.

وإذا كان لدرجة الحرارة المثلى أثرها في نمو المحاصيل فإنه إنخفاضها (بالنسبة لبعض أنواع المحاصيل) يؤخر أو يوقف إنباتها في مراحل النمو الأولى. فقد تسبب

بطريقة الدلائل الفسيولوجية تأثير درجة الحرارة المثلى على هذه العملية. وعلى ذلك تتميز هذه الطريقة بأن دلائل الكفاية عند القيم المرتفعة أو المنخفضة من درجات الحرارة تساوى صفرا. أما عند الدرجات المعدلة فإن هذه الدلائل ترتفع باطراد. ويمكن بالتجربة تقدير التغيرات التي تحدث في نمو بادريت الذرة عند درجات الحرارة المرتفعة مع بقائها ثابتة لفترة طويلة. ومن هذه التجارب أمكن حساب دلائل الكفاية لكل درجة من درجات الحرارة بين ٢,٢° و ٤٧,٧° مئوية (٣٦° - ١١٨° ف). فعلا قيمة الدلائل عند ٢,٢° م (٣٦° ف) يساوى ٠,١ وعند ٤,٤° م (٤٠° ف) هو الوحدة (الصفر الدائري) وعند ١٤,٤° م (٥٨° ف) هو ١٦,٦ وتبلغ قيمة هذا الدليل نهايتها العظمى عند درجة حرارة ٣١,٦° م (٨٩° ف) ثم تهبط ثانية إلى ٠,١ عند ٤٧,٧° م (١٨° ف).

ثالثا: طريقة الدلائل المتبقية (درجة الحرارة المتجمعة): استعملت طريقة الدلائل المتبقية في الناقبة العظمى من حالات تقدير كفاية درجة الحرارة العملية للنمو النباتي، ففي هذه الطريقة تجمع كل متوسطات درجات الحرارة اليومية أثناء حياة المحصول والتي تقع فوق صفر النمو. فهذا الدليل يبلغ ٨,٣°م ليوم يبلغ متوسط درجة حرارته ١٤,٤° م (٥٨° ف). وظهر أن درجة الحرارة التي تبلغ ١٥,٥° م (٦٠° ف) أفدر على تشجيع عملية النمو من درجة الحرارة التي تقل عن ذلك.

(Sharaf, Abdel - Aziz, T., 1951, pp. 72 - 80).

الموجات الباردة شتاء في ائتلاف بعض محاصيل الحقل في هذا الفصل، مثلما حدث في شتاء عام ١٩٦٧ حين إنخفضت درجة الحرارة إنخفاضا غير عادى مما أدى إلى ائتلاف محصول الفول في الدلتا (١) وإلى جانب ذلك قد يؤثر أيضا إنخفاض درجة الحرارة خلال النصف الأول من شهر مارس نتيجة وصول موجة باردة إلى الدلتا قد تهبط فيها الحرارة إلى قرب درجة الصفر المئوى، على بطء نمو المحاصيل الشتوية.

وفيما يختص بالانبات، تؤثر درجة حرارة السطح في ذلك تأثيرا مباشرا، فدرجات الحرارة المرتفعة أقدر على تشجيع عملية الانبات واختصار مدتها من درجات الحرارة المنخفضة. ويرجع ذلك إلى زيادة الاحتياجات انحرارية للانبات من الوحدات الحرارية المتجمعة فوق صفر النمو في حالة انخفاض درجة الحرارة. والجدول الآتى يوضح العلاقة بين درجة الحرارة ومدة الانبات لبعض المحاصيل.

(جدول رقم ٧-٢)

درجات الحرارة القصوى والدنيا والمثلى لاهم المحصولات التي تنزع في دلتا النيل

المحصول	درجات الحرارة المئوية			المحصول	درجات الحرارة المئوية		
	القصوى	الدنيا	المثلى		القصوى	الدنيا	المثلى
القمح	٢٢ - ٢٠	٤,٥ - ٢	٢٥	الذرة الشامية	٤٥ - ٤٠	١٠ - ٨	٢٥ - ٢٢
الشعير	٢٠ - ٢٨	٥ - ٤	٢٠	الذرة الرفيعة	٤٠	١٠ - ٨	٢٥ - ٢٢
الكتان	٢٠	٥ - ٢	٢٥	الطماطم	٣٦,٦	١٨,٢	٢٤ - ٢١,١
البرسيم	٢٧	١	٢٠	البطيخ	٢٥	١٨,٢	٢٤ - ٢١,١
القطن	٢٩ - ٢٨	١٦ - ١٥	٢٦ - ٢٤	البسلة	٢٥	٢ - ١	٢٠
الأرز	٢٨ - ٢٦	١٢ - ١٠	٢٢ - ٢٠	الموالج	٤٩	١٨ - ١٢	٢٥ - ٢٢

(١) انخفض محصول الفول في عام ١٩٦٧ عن العام السابق له، فبينما كانت جملة المحصول عام ١٩٦٦ = ١٤٣١ هـ أقرب (٥,٢٢ أرب للقدان)، هيبت إلى ٣١٣٣٤ أرب عام ١٩٦٧ (٢,٨٤ أرب للقدان)، وذلك على الرغم من سفر الفرق بين المساحات المزرعة في هذين العامين بالدلتا (١٥٩٦٧٠ فدان عام ١٩٦٦، ١١٠١٧٨ فدان ١٩٦٧).
وزارة الزراعة : مصلحة الاقتصاد الزراعى والاحصاء (نشرة الاقتصاد الزراعى: يوليو ٦٨ و ١٩٦٩).

(جدول رقم ٢٠ - ٧)

العلاقة بين درجة الحرارة ومدة الانبات (باليوم)
لبعض المحاصيل في دلتا النيل

المحصول	١٠م	١١م	١٦م	١٩م	المحصول	١٠م	١١م	١٦م	١٩م
القمح	٦	٣	٢	١,٧٥	الذرة الشامية	-	١١,٧٥	٢,٧٥	٤,٧٥
الشعير	٦	٣	٢	١,٧٥	البسليم	٦	٣,٧٥	٢,٧٥	٢
الكتان	٨	٤,٥	٢	٢	الذرة الشامية	-	١١,٧٥	٢,٧٥	٢

وتختلف المحاصيل والخضر والفاكهة في درجة تحملها لدرجة حرارة السطح في بيئة دلتا النيل، فنبات القطن مثلا بعد من المحاصيل الشديدة الحساسية للحرارة، فقد تأخر زراعته نتيجة لأن درجة الحرارة لا ترتفع في شهر فبراير. وقد وجد الأخصائيون عدم تربية النباتات بوزارة الزراعة أن درجة ١٢° مئوية تعد أقل درجة تناسب نموه، وأن درجة ٣٩° مئوية أعلى درجة يتحملها، وأن استمرار هذه الدرجة ولو بضع دقائق يوقف نمو الشجيرات وتأخذ الأزهار في السقوط كما يذبل اللوز ويجف، بينما يستطيع النبات أن يتحمل درجة ٣٥° مئوية لبضع ساعات دون أن يصاب بالضرر، ولكن وجد أن ارتفاع درجة الحرارة ارتفاعا كبيرا في فصل الربيع وبداية الصيف (يصل إلى أكثر من ٤٥° مئوية) بسبب هبوب رياح الخماسين التي تغزو الدلتا بين الحين والحين يؤدي في كثير من الأحيان إلى ذبول النبات وخصوصا إذا كان صغيرا، وسقوط اللوز مما يسبب للنمو حين تنراوح درجة الحرارة بين ٢٤° و ٢٦° مئوية.

وقد تختلف ظروف الطقس التي تسود جو حقل القطن والتي تحيط بالنبات كثيرا عن ظروف الطقس بعيدا عنه، فتنخفض درجة الحرارة مثلا في ليالي الصيف في جود الحقل - حين لا تتكاثر السحب ويكون الهواء ساكنا - بنحو ٥,٥° م عن درجة الحرارة التي يقيسها الترمومتر بعيدا عن الحقل، ومع ذلك فإن وجود بعض الغيوم القليلة كثيرا ما يقلل من فقدان الجول حرارته في الوسط المحيط بالنبات مباشرة. كما أن احتفاظ النبات ببعض الرطوبة من شأنه أن يمكنه من الإحساس بالدفء بسرعة حين ترتفع درجة حرارة السطح.

ودلت الأبحاث الزراعية على أن لدرجة حرارة شهر يوليو تأثيرا فى إنتخاب الأصلح من التقاوى انتخابا طبيعيا، وأن لها تأثيرا فى تركيز المواد المختزنة فى البذور. على أن هذا التأثير فى جودة التقاوى يتزايد بازدياد الحرارة إلى درجة ٢٧,٧ مئوية، فإذا زادت عن ذلك انعكس التأثير فكل ضارا وأدى إلى نقص المحصول فى السنة التالية. وينتج عن ذلك وجود علاقة بين حرارة شهر يوليو ومحصول القطن الناتج من البذور التى تأثرت بحرارة هذا الشهر ويعبارة أخرى يتأثر محصول القطن فى أى سنة من السنين بدرجة شهر يوليو فى السنة التى قبلها.

وتبعاً لشدة حساسية القطن لظروف المناخ التى تختلف بين عام وآخر يتغير محصول القطن منه كثيرا، إذ تؤثر هذه الظروف بطريق غير مباشر فى مدى إستفادة النبات من تسميده، والواقع أن فتك الحشرات والآفات التى تصيب القطن بأضرار أشد كثيرا من تقلبات الطقس بدلتا النيل، ولو أن هذه الحشرات والآفات يزداد أو يقل تأثيرها على نبات القطن فى ظل ظروف مناخية معينة. فقد يشتد نشاط دودة ورق القطن ويتزايد تكاثرها فى أواخر شهر مايو وأوائل شهر يونيو حيث تكون درجة الحرارة ملائمة لازدياد نشاطها، واستمررت فترة النمو الخضرى فى هذه الأوقات يعرض النبات لهجوم الدودة الشديدة التى تقضى على الأوراق، ومن ثم فتك بالمحصول وتصبح الخسارة فادحة. كما حدث فى عام ١٩٦١. أما إذا تم النمو الخضرى وابتدأ ظهور الأزهار قبل شهر مايو فإن الأوراق تكون قد حولت مابها من غذاء إلى براعم وأزهار، وتصبح إصابة الأوراق بدودة الورق غير شديدة فتقلل الخسائر مما يجعل المحصول جيدا، ولكى يتوفر ذلك يجب أن توضع البذور فى التربة خلال الأسابيع الأولى من شهر فبراير.

وهناك آفة أخرى ضررها أشد أثرا إذ تفتك بمحصول القطن وقد قرب على النضج وهى دودة اللوز. ويزداد نشاطها وتكاثرها بارتفاع درجة الحرارة خلال النصف الأخير من شهر يوليو وشهر أغسطس، فهى تعوق نمو الثمرة وبذلك لا ينتج القطن عند جفاف اللوزة وتفتحها. وقد اقترح تقديم ميعاد زراعة القطن فى الدلتا إلى شهرى أكتوبر ونوفمبر بدلا من زراعته فى شهرى فبراير ومارس حتى يتفادى المحصول خطر هذه الحشرة، إذ أن النضج سيتم، فى هذه الحالة فى شهرى أبريل ومايو.

وتعد الخضر فى دلتا النيل من النباتات التى لاتتحمل الفرق لكبير بين حرارة النهار وحرارة الليل (المدى الحرارى اليومى). فمثلا نجد أن أنسب حرارة للبانجنان تتراوح بين ٢٧° و ٣٢° مئوية. والليالى الباردة تعطل نموه وتقلل محصوله، فهو لا يتحمل فرقا كبيرا بين درجة حرارة الليل والنهار.

الكرب: يحتاج لدرجة حرارة تتراوح بين ١٥,٥ - ٢١ مئوية ويبطئ نموه عندما يرتفع المتوسط اليومي إلى أكثر من ٢٢ مئوية، كما تهلكه التغيرات المفاجئة لدرجة الحرارة اليومية وتقل بذلك كمية محصوله. وليس هناك نبات من نباتات الخضر له مثل العلاقة الوطيدة بدرجة الحرارة كنبات البطاطس، إذ يبلغ إنتاجها أقصاه في درجات الحرارة التي تنخفض عن ٢١ مئوية (بالنسبة للعرورة الصيفية). وارتفاع الحرارة فوق ذلك يؤدي إلى زيادة النمو الخضري للنبات دون تكوين درنات كبيرة الحجم.

التقريب: يلانمه الجو المعتدل الحرارة ولا يكون الفرق فيه كبيرا بين حرار النهار والليل.. والبصل يحتاج بصفة خاصة لدرجات حرارة منخفضة (١٠ - ١٥,٥ مئوية) أثناء مراحل نموه الأولى، كما يبدأ في النمو الخضري في درجة حرارة تتراوح بين ١٥,٥ و ٢١ مئوية. أما أثناء مرحلة النضج وتكوين الدرنات فتلزمه درجة حرارة مرتفعة تصل إلى أكثر من ٢٦ مئوية.

أما الثوم فيوافقه الجو المعتدل الحرارة مع ميل إلى البرودة على ألا يكون الفوق بين حرارة النهار والليل كبيرا، إذا أنه يحتمل شدة الحرارة ولا البرودة الشديدة.

وتنمو الطماطم في أى وقت من السنة ولكن بشرط ألا ترتفع درجة الحرارة إلى أكثر من ٢٦ مئوية حيث يؤدي ذلك إلى عدم إعطاء الثمار الحجم واللون المثالي لها. ولكنها نمو أحسن ما يكون عند درجة حرارة تتراوح بين ٢١ - ٢٤ مئوية، وقد تنمو كذلك في درجات حرارة بين ١٨,٥ - ٢١ مئوية فهي إذن تتطلب جوا دافئا ولا تحتمل البرودة خاصة في عروتها الشتوية. ومراجعة النهاية العظمى لدرجات الحرارة في شهور الشتاء في دلتا النيل لوحظ أنها تقل بالفعل عن الاحتياج الحرارى للطماطم، لذا كان لابد من تدفئتها أو كبرتها خاصة في فترة نضج وتلوين الثمار. والخس يفيد الجو المعتدل المائل إلى البرودة، ويضيره تقلب الجو من حر إلى برد كما يضره كبر المدى الحرارى اليومي، إذ أن ارتفاع درجة حرارة النهار تزيد من مرارته.

والشمام يوجد في الجو الحار على أن تكون الليالي دافئة، ولا تنخفض درجة الحرارة عند زراعته عن ١٠ مئوية على الأكثر، ولكنه يحتاج إلى درجة حرارة مرتفعة وقت النضج تزيد عن ٢١ مئوية.

والحقيقة أن المدى الحرارى اليومي في الدلتا ليس كبيرا بالدرجة التي يتعرض معها النبات لظروف حرارية شديدة التباين مما ينتج عنه أرباك وتعقيد العمليات الفسيولوجية والكيميائية والحيرية المتعلقة بانبثاق ونمو ونضج النبات (١). إذ أن تذبذب الحرارة

(١) بالرجوع إلى درجات الحرارة اليومية (ليلا ونهارا) وجد الباحث أن المدى الحرارى اليومي لا يزيد في كل أرجاء دلتا النيل عن ٦ درجات مئوية بل إنه يقل عن ذلك في معظم شهور السنة فيما عدا شهور الشتاء.

الواضح بين النهار والليل ويساعد على حدوث الحنطة فى النبات ، تماما كما يحدث فى حالة التجوية الميكانيكية فى الصخور.

(٢) الرطوبة،

تعد الرطوبة من أعظم العناصر المناخية أهمية للنبات حيث أنها تؤثر مباشرة فى معدل عملية النتج، فغالبا ما يتحدد نمو النبات أو عدم نموه فى بيئة معينة بكمية الماء التى يعقدها. وتأتى الرطوبة بعد الحرارة من حيث أهميتها، وترتبط فى تأثيرها على النبات. فإخفاض حرارة الهواء مع إرتفاع الرطوبة يقلل من الأثر الضار للبرودة، أما نقص وزيادة الرطوبة طرديا مع إنخفاض وإرتفاع الحرارة فيكوثر تأثيرا سيدا وضارا على النباتات وخاصة فى طور الأزهار والثمار.

ومن أهم ما استنتجناه من النسب المئوية للرطوبة الجوية فى دلتا النيل هو إرتفاع درجة الرطوبة فى الشهور التى تنخفض فيها درجة الحرارة (نوفمبر وديسمبر، ثم يناير وفبراير) وذلك من شأنه أن يعمل على تقليل الأثر الضار لإنخفاض الحرارة فى الشتاء. كما لوحظ كذلك أن أقل نسبة للرطوبة تكون فى مايو ويونيو حيث ترتفع الحرارة. وقد نفع فترات الرطوبة المنخفضة هذه من الفترات التى يصعب على النبات تحملها. فهى قد نفع فى أوقات ينخفض عنها المحتوى المائى أيضا، وقد تبقى بعض أنواع من النباتات فى حالة سكون فى هذه الأوقات. ولقد حبت الطبيعة بيلة دلتا النيل بمياه النيل التى تجرى فى النرع فى مثل هذه الفترات حيث تكون النباتات فى بداية نموها وأحوج ما تكون إلى الماء لتعرض بذلك النقص فى الرطوبة اللازمة لنموها.

ويعمل الغطاء النباتى والمجازى المائية على زيادة الرطوبة النسبية طول العام نظريا فى وسط دلتا النيل. ويرجع السبب فى ذلك إلى أن هذا الغطاء من النباتات يمد الهواء ببخار الماء الذى ينطلق عن طريق النتج. ولما كان الماء يتبخر من المجارى المائية بكمية كبيرة فإن الرطوبة النسبية بين النباتات وفوقها مباشرة تزيد عن نظيرتها فى القرية الناقلة الجافة. وبالإضافة إلى ذلك فإن الأوراق التى يحملها النوع الواحد من النباتات تختلف فى تركيبها، ويشير هذا الاختلاف إلى أن أعلى هذه الأوراق أكثرها تحملا للجفاف، وهذه الاختلافات موجودة فى معظم النباتات الطويلة مثل الذرة.

وفيما يلى أمثلة لتأثير الرطوبة على النباتات فى دلتا النيل: وجد أن القمح يتأثر بزيادة الرطوبة فى نهاية فبراير وأوائل مارس إذ يصاب بالصدأ الأحمر الذى يؤثر كثيرا فى محصوله، على حين تعد هذه الزيادة فى الرطوبة ذات فائدة فى بداية طور النمو النباتى، إذ أنها تغنى عن الري الكثير الذى تحتاجه بعض المحاصيل فى بداية نموها مثل

نبات القطن. ويكون للرطوبة، كما سبق أن ذكرنا، أثرها الضار إذا اقترنت بالحرارة المرتفعة مما يعد مهدا صالحا لنمو الحشرات مثل دودة ورق القطن وديدان اللوز. ويكون أنسب وقت يشهد فيه فنك الحشرة الأولى في شهر مايو أما الثانية فيبدأ خطرهما مع ظهور لوزات القطن في أغسطس وسبتمبر حيث تعمل الرطوبة على عدم الاسراع في اتمام نضج اللوز. كذلك تساعد زيادة الرطوبة في أشهر أغسطس على إنتشار الندوة البيضاء بالنسبة للذرة التي تزرع في الموسم الصيفي المتأخر (النيلي)، وبالتالي فهي تقلل من نمو النباتات وتشل كثيرا من عيادته. وهنا يمكن أن يظهر الفرق واضحا بين إنتاجية الذرة الصيفية والذرة الصيفية المتأخرة (النيلية)، إذ يتضاعف محصول الأولى بينما يقل محصول الثانية بشكل واضح، وذلك لأن زيادة الرطوبة تؤدي إلى قلة تكوين الحبوب. ويحتاج الأرز في أطوار نموه الأولى إلى رطوبة معتدلة، هذا بينما نجد أن الرطوبة توافق جودة ألياف الكتان أما الجفاف فيوافق جودة البذور.

وتعد الفاصوليا من النباتات الحساسة جدا للرطوبة. فننخفض نسبة انباتها إذا كانت نسبة الرطوبة مرتفعة، كما يؤدي ارتفاع الرطوبة إلى اصفرار الأوراق وقلة المحصول.

وكذلك الطماطم، تساعد زيادة الرطوبة بالجو مع اقترانها بارتفاع درجة الحرارة، على اصابتهن بالأمراض الفطرية، بينما تسقط أزهارها إذا انخفضت نسبة الرطوبة. والكوسة، أيضا، تساعد زيادة الرطوبة على اصابتهن بالأمراض الفطرية.

وبالمثل يتعرض البطيخ للإصابة بالفطريات بسبب ارتفاع الرطوبة، أما قلة الرطوبة فتجعل ثمار الشمام ممتلئة حلوة المذاق.

(٤) طول النهار ومدة سطوع الشمس،

على الرغم من كونهما عاملان مرتبطان ببعضهما إلا أن درجة الارتباط بينهما ليست تامة. يُفقد يكون النهار قصيرا أو طويلا والشمس غير ساطعة لساعات معلومة. فنهار طويل ملبد بالغيوم يعنى أن درجة سطوع الشمس أقل مايمكن، بينما نهار قصير بدون سحب يدل على زيادة ساعات شروق الشمس أو يعنى درجة سطوع أكبر.

ومما تجدر الإشارة إليه أن طول النهار يرتبط في تأثيره على النبات بدرجة حرارة السطح ونسبة الرطوبة. ويظهر تأثيره واضحا في تحديد طول فترة النمو الخضري وموعد الأزهار والنضج، كما يظهر تأثيره في عدة مظاهر رئيسية أهمها:

١ - عملية التمثيل الكلوروفيلى.

٢ - تغذية سيقان النبات، ويظهر ذلك واضحا في الفرق بين نباتى الذرة والذراوة التى

تزرع بغزارة، فتزدى غزارة الأبراق إلى احتجاب الضوء عن السيقان فتظهر ضعيفة صفراء.

٢- يعزى فشل ونجاح أقلمة بعض أصناف المحاصيل لدرجات حرارة معينة لفعل الضوء. (١)

ويعد طول النهار مدة سطوع الشمس في بيئة دلتا النيل عاملاً أساسياً في الحياة النباتية (٢). بل يعد كلاً من أهمية حاملي التربة والماء. فمثلاً طول النهار يعد عاملاً أساسياً في تنظيم الدورة الزراعية بالنسبة لكثير من الحاصلات. فالمزارع في دلتا النيل يهتم بالحصول على أكبر إنتاج ممكن من المحصول، ولذلك تبدو معرفته للميعاد الملائم حتى تتواءم المحاصيل مع الظروف الزراعية العادية في أطوار حياتها المختلفة، وخاصة في طور الأزهار، ومن هنا ينعكس تأثير الضوء على زراعة بعض أصناف معينة من المحاصيل في بيئة دلتا النيل دون غيرها. فمثلاً نجد في مواسم زراعية معينة أن الأرز العربي والنهضة يزدهران في الموسم الصيفي، في حين يزرع الأرز الأمريكي في الموسم الصيفي المتأخر (الثلثي). أما إذا حدث العكس فإن الأرز العربي يتأخر في الأزهار وقد لا يعطي إنتاجاً على الإطلاق. وهناك بعض المحاصيل التي تحتاج إلى ضوء في ساعات سطوع أكبر:

فالمشمق والقطن والذرة (النشامية والرفيعة) تناسها زيادة ساعات ضوء الشمس، وذلك لأنها تستجيب للضوء فيزداد محصولها إلى حد معين بزيادة كمية الضوء الساقطة عليها أثناء نموها. وتعد الحصر من النباتات الشديدة الحساسية بالنسبة لهذا العامل، فقد يحدث لعروات بعض أصناف السيائج المتأخرة التي يصاحبها النهار الطويل عند بداية الربيع فتخرج حاملها الزهرى وتصبح بذلك غير قابلة للتسويق. ومثل ذلك يحدث للببطاطس عند زراعتها في موعد مبكر عن موعدها المناسب إذ تستطيل سيقانها ويزداد نموها الخضري ولا تكون درنات بالمرءة، وقد تبين أن الدرنات التي تتكون في طقس نهار قصير تكثر من ملساء حسنة الشكل. ومن أصناف البصل ما لا ينتج أبصالاً كبيرة إلا إذا كانت فترة النهار طويلة مثل البصل الطلياني والبصل البحري حيث تنجح زراعتهما في الربيع، ومنهما ما يكون أبصالاً كبيرة متى كانت فترة النهار قصيرة مثل البصل

(١) كان يظن أن لتحرارة تأثير كبيراً في تكوين الأزهار والثمار وليس للضوء مثل هذا التأثير، ولكن اتضح أخيراً أن الحرارة ليست العامل الفاعل في هذا التكوين.

(٢) لاحظنا أن مدة سطوع الشمس الفعالة في دلتا النيل تصل إلى ١٢ ساعة في شهري يونيو ويوليو، كما أن المتوسط الشهري يزيد دائماً عن ٦ ساعات ويصل إلى أكثر من ١٠ ساعات في الفترة من إبريل حتى سبتمبر. أما أقل درجة سطوع فتقع في الفترة من نوفمبر إلى فبراير. على أن درجة سطوع الشمس ترتبط بكمية السحب طول ساعات النهار والعلاقة بينهما عكسية كما هو معروف.

الصعيدي فتنجح زراعته في الخريف. وبالنسبة للطماطم نجد أن ضوء الشمس المباشر يساعد على زيادة ماتحتويه من فيتامين ج. أما الكرفس والكوسة فيحتاج نموها وفرة ضوء الشمس، كما يحتاج البطيخ كذلك لشمس مشرقة حرارتها مرتفعة.

(٥) الرياح:

للرياح آثارها عن النباتات، شأنها في ذلك شأن العناصر المناخية الأخرى. إذ أنها تسبب تلفا كبيرا للمحاصيل إذا كانت شديدة وغالبا ماينحصر هذا التلف في كسر الفروع والأغصان الغضة، وقد تتمزق الأوراق كما في القمح والذرة من جراء ضربها بحركة الهواء الشديدة. ولما كانت سرعة الرياح تزيد بالارتفاع عن سطح الأرض فإن الأشجار تتعرض لتأثيرات كثيرة وبخاصة تأثيرات الجفاف بسبب تجديد الهواء بواسطة الرياح ولتأثير النباتات القصيرة والمنبطحة كثيرا بالرياح. لكن استمرار هبوب الرياح يسبب انحناءات وتشوهات للنباتات الطويلة التي تصطدم بها بحيث أن الجزء الأكبر من هامت هذه النباتات (كالذرة) يعمل في اتجاه حركة الهواء.

ومن أمثلة تأثير الرياح على النباتات التي تزرع في بيئة دلتا النيل مايصيب نبات القطن من ضرر وقت الانبات بسبب سرعة الرياح، وإذا اشتدت هذه السرعة وقت لاجمع فإنها تسقط اللوز المتفتح على الأرض فتقل رتبته نتيجة تحمله بالأتربة ويغايا أوراق النبات الجافة. كما أن الرياح تضر بالقول وقت التزهير خصوصا إذا كانت أرضه مروية. وكذلك تنأثر الذرة بالرياح الشديدة عقب هبوبها حيث تسقط النباتات المحملة بالكيزان فتتلف. وللرياح آثار سيئة وضارة على الضاكمة. فالعنب مثلا تتكسر أفرعه الحديثة وتسقط أثماره فيقل محصوله بسبب اشتداد سرعة الرياح.

ولتأثير الرياح على النباتات في بيئة دلتا النيل وجه آخر من حيث كمية الرطوبة التي يحملها الهواء المتحرك. فتأثير الرياح الجافة في الشتاء، خصوصا في أواخر هذا الفصل بحيث يصبح الهواء دافئا في الوقت الذي فيه لاتزال التربة باردة، غالبا مايسبب موتا لكثير من النباتات الشتوية كالقمح مثلا. وكثيرا ماتسبب رياح الخماسين الساخنة الجافة أضرار بالغة بالمحاصيل وخصوصا النامية منها. وذلك لأنها تعمل على فقدان الماء من هذه المحاصيل بكميات مفرطة. فقد ينضج القمح والمحاصيل الشتوية الأخرى قبل أوانها فتتخفض غلتها انخفاضاً كبيرا، لأنه في هذه الحالة تكون درجة الحرارة مرتفعة والرطوبة النسبية منخفضة جدا. كما تؤثر رياح الخماسين التي تسوق الغبار والرمل تأثيرا واضحا في النباتات من جراء احتكاكها فتتلف النباتات نتيجة عمليتي التآكل والترسيب. وغالبا مايبلغ التلف حدا كبيرا فتتصف الرياح الثمار والبراعم الزهرية لأشجار

معظم حدائق الفاكهة، وخاصة الموالح. كما أنها إذا هبت وقت نضج ثمار بعض أنواع الفاكهة كالموالح والعنب مثلا فإنها تمنع حبات هذه الفاكهة من أن تصل إلى حجمها الطبيعي.

وحيث أن فترة هبوب رياح الخماسين هي فترة تكويح الحبوب بالنسبة للقمح والكتان فإن استمرارها مدة طويلة يتسبب عنه ضمور سنبال القمح وبالتالي يقل حجم الحبوب، كما تتلف اللياف الكتان وتبعاً لذلك تنفّاقض غلة المحصول. وتسبب الرياح الخماسينية أيضاً ذبول الأقلام والمياسم (الشراية والشوشة) في نباتات الأذرة وتصبح غير صالحة للتقليح فلا تتكون الحبوب.

وتعد الرياح بصفة عامة من بين العوامل الهامة في توزيع الأعشاب الدخيلة وأنواع الفطريات التي تسبب الأمراض مثل صدأ القمح ولعنة الأرز، كما أنها تمنع الحشرات من أداء وظيفتها بين الأزهار. وقد يكون للرياح تأثيراً نافعا على جفاف التربة في فصل الربيع، كما أنها تعمل على اختلاط الهواء البارد بالهواء الدافئ، وبذلك تمنع أحيانا التلف الذي ينشأ عن الصقيع في الليالي الباردة الصافية.

وقد أمكن أخيراً تغيير حركة الهواء وتعديل مساره بطرق عديدة مثل مصدات الرياح أو مصدات الوقاية التي انجھت إليها الأنظار من رمر بعيد كوسيلة نقي النباتات من الأضرار المخزية التي تسببها الرياح الشديدة والأنربة، وخاصة بالنسبة لأشجار الفاكهة والخضروات المنزرعة في الحدائق والبساتين والتي لها أهمية اقتصادية كبيرة. ولعدا امتدى الفكر إلى زراعة حزام على هيئة صفوف متوازية من الأشجار والشجيرات القريبة من بعضها لصد غوائل الرياح الشديدة والرمال والأترية عن المحاصيل وحمايتها من أثارها المدمرة. ويكون اتجاه مصدات الوقاية هذه عادة عمودياً على الإتجاه السائد للرياح. وتظهر مثل هذه المصدات بكثرة حيث تتوطن زراعة الحدائق وحول الأراضي الزراعية القريبة من الصحراء على هوامش الدلتا الغربية والشرقية.

وبالرغم من أن التأثير المثلث للرياح على النباتات قد عرف منذ مدة طويلة، إلا أنه لا يوجد غير النذر اليسير من القياسات الكمية في هذا الشأن فقد وجد مثلاً أن سرعات الرياح المتواصلة التي تبلغ ٤,٤ متر في الثانية (١٦ كيلو متر في الساعة) ٦,٦ متر في الثانية (٢٤ كيل متر في الثانية) تؤثر في عملية النتج من أوراق النباتات التي تنمو في تربة تحتفظ بمستواها المثالي من المحتوى المائي، فيزداد معدل النتج بزيادة سرعة الرياح وعلى جوانب النباتات التي تواجهها بمقدار ٢٠:٣٠ كما وجد أيضاً أن مساحة الأوراق وإرتفاع النبات وقطر الساق تنقص بزيادة سرعة الرياح.

وبمراجعة سرعة الرياح فى السنوات الخمس التى تبدأ من يناير ١٩٨٤ إلى ديسمبر ١٩٨٨ يوماً بيوماً، انضح أن أكبر سرعة للرياح هى ٤,٩ متر فى الثانية وأقل سرعة هى ٠,٨ متر فى الثانية، وعلى ذلك يمكن القول أن تأثير الرياح فى بيئة دلتا النيل فى مجموعة العوامل ذات التأثير المباشر بسيط نوعاً فى تكاد تشابه المطر من حيث أن تأثيرهما فى الإستغلال الزراعى ليس تأثيراً مباشراً.

ولما كانت كمية المياه المتبخرة تزداد بازدياد سرعة الرياح، لذا فإن الحاجة إلى الماء أيضاً تزداد بهدف تعويض الفاقد. ويكون تأثير الرياح أشد كلما كانت أكثر حرارة. ويمكن أن تساعد الرياح القوية على نشاط الحشرات أثناء فترة تلقيح النبات، كما أنها تقوم بصورة مباشرة بنقل حبوب اللقاح والبذور بما فيها بذور النباتات غير المرغوبة كالأعشاب الضارة. والتعرية الريحية للتربة لها أهمية كبرى فى بعض مناطق العالم، حيث يفتت الجزء العلوى الجاف من التربة إلى جزئيات دقيقة تنقله الرياح من مكانه على شكل سحب كثيفة من الغبار الذى يترسب فى مناطق بعيدة عن مصدره، وهذا له أثر مزدوج؛ فالترية المعرة أصبحت خطراً على الحاصلات الزراعية، كما أن التربة المترسبة قد تطمر النباتات المنخفضة بما يؤثر على تطورها. وهناك بعض المحاصيل التى تعاني من التفشّر نتيجة تلقيحها ضريات الجزئيات الصلبة المحمولة بالهواء مما يؤدى إلى تلف المحصول أو إقصاء قيمته الاقتصادية. وفى بعض المناطق البحرية فإن الملح المحمول بالهواء قد يسبب تخريب النباتات إذا كان مركزاً بشكل كاف. وبالإضافة إلى ذلك فإن الرياح تقلل من خطر الصقيع الإشعاعى لأنها تمزج طبقة الهواء الباردة القريبة من سطح الأرض مع طبقة الهواء العليا الدافئة.

(٦) المطر:

بيئة دلتا النيل جزء من إقليم صحراوى وشبه صحراوى لانتعتمد الزراعة فيها على الأمطار وإنما على مياه الرى من الترعى التى تأخذ مياهها من فرعى الدلتا وعلى ذلك فقيمة المطر كعامل مؤثر فى الزراعة معدومة إلى حد كبير فلا يمكن مثلاً مقارنة آثاره بآثار العوامل الجوية الأخرى، بل لعله لندرته فى معظم شهور السنة أقل العناصر المناخية تأثيراً فى إستغلال الأرض.

وبمراجعة معدلات كمية الأمطار الساقطة فى هذه المنطقة نجد أنها تتراوح بين ١٩٢,٢١ مليمتر فى السنة يسقط أكثر من نصفها شهرى ديسمبر ويناير. وأكبر كمية أمطار سجلتها محطات دلتا النيل فى الخمس وثلاثين سنة المنتهية فى ديسمبر ١٩٨٠، كانت بالنسبة للشهر ١٥٩ مليمتر سجلتها محطة الاسكندرية فى شهر ديسمبر ١٩٦٩ و

١٠٣ ملليمتر في دمنهور في يناير ١٩٦٥ و ٦٠ ملليمتر في طنطا في يناير ١٩٧٥ و ٦٦ ملليمتر بالزقازيق في فبراير ١٩٧٦ و ١٥٢ ملليمتر سقطت على قناطر الدلتا في ديسمبر ١٩٥٠.

ويمراجعة معدل الأيام التي سقطت فيها الأمطار في الفترة المشار إليها أيضا، اتضح أنها تتراوح بين ١٠ و ٤٧ يوما (بالنسبة لكمية المطر أكثر من ٠,١ ملليمتر في اليوم) وبين ٥ و ٣١ يوما (بالنسبة لكمية الأمطار أكثر من ١,٠ ملليمتر في اليوم).

ونظرا لأن سقوط الأمطار يتركز في النصف الشتوي من السنة (أكتوبر - إبريل) فإن لها بعض الفائدة، ولو أنها محدودة، إذ تعد في بعض الأحيان عاملا مساعدا في سد كفاية بعض المزروعات، وخاصة الحضر، في شهور السنة الشتوية، ولكن على الرغم من ذلك فإن سقوطها أو عدمه لا يؤثر كثيرا في زيادة أو نقص غلة الحصول.

وكيفما كان الأمر فإن قلة كمية المطر وعدم استمراره وصغر موسم سقوطه، لم يمنع الفرصة للمزارع المصري من قديم الزمان في استغلاله في الزراعة.

(٧) الصقيع والبرد:

يظهر الصقيع مبكرا في فصل الخريف نتيجة الإنخفاض السريع المفاجيء الذي يهبط بدرجة الحرارة إلى درجة التجمد تقريبا وخصوصا في الليالي الصافية. ويؤدي ذلك إلى وقف نمو النباتات، كما يعمل على سقوط الأوراق، وينتج عن هذا نضوج غير كاف للمحاصيل. أما صقيع الشتاء فيظهر أثره خلال الأسابيع الأولى من نمو النباتات.

ويمراجعة درجات النهاية الصغرى لحرارة الهواء ودرجة الحرارة في حقل الحشائش يوما بيوم خلال أشهر الشتاء وجد أن الفرق بين الدرجتين كان كالاتي:

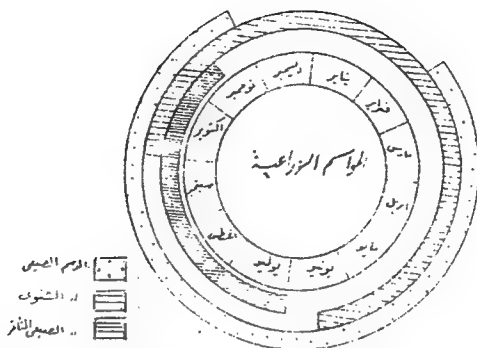
المحطة	متوسط الفرق (متوية)	أكبر قيمة للفرق (متوية)
ادھينا	٠,٤	٠,٨
سخا	١,٥	٥,١
الزقازيق	١,٩	٥,٢
الجيزة	٣,٠٠	٥,٤

وواضح أن الفرق بين درجتى حرارة النهاية الصغرى للهواء وعند مستوى الحشائش يزداد كلما بعدنا عن ساحل البحر وتوغلنا فى الداخل، خصوصا إذا تذكرنا زيادة الاشعاع المنبعث ليلا من التربة، وقلة السحب تدريجيا كلما اتجهنا جنوبا، حيث يربو متوسط هذا الفرق فى جنوب الدلتا على ٣ درجات مئوية، بينما يقل هذا المتوسط فى شمالها إلى أقل من نصف درجة مئوية، ونتيجة لذلك انصح أن أبرد جهات ١٠ لقا فى فصل الشتاء هى المنطقة الوسطى منها التى تمتد من طنطا غربا إلى السنبلاوين شرقا، ومن سخا شمالا إلى قويسنا جنوبا. وهذه المنطقة معرضة لأخطار الصقيع إذ أن النهاية الصغرى لمستوى الحشائش فيها تقل عن درجة التجمد فى كثير من أيام الشتاء.

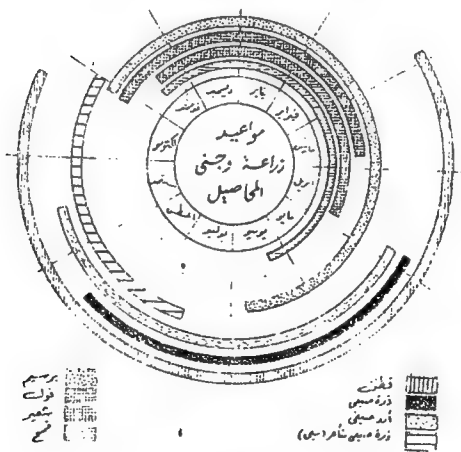
وتعانى بيئة دلتا النيل خسائر فادحة فى محاصيل الفاكهة والخضروات وبعض المحاصيل الأساسية نتيجة تأثرها بالصقيع.

أما البرد، فيسبب سقوطه كثيرا من الأضرار بالنسبة للنباتات فهو يوقف نموها أيضا مثل الصقيع، وخاصة فى شهرى ديمسبر ويناير. إذ يحدث عنه سقوط أزهار محصول القول وإحمرار أوراق القمح والبرسيم وجفاف أطراف نباتات الطماطم والبطاطس.

مما تقدم يتضح أن أثر العوامل الجوية أو المناخ فى بيئة دلتا النيل لاشك له قيمة كعامل يبنى محدد لزراعة ونمو محاصيل معينة، ولكن إذا كانت بيئة الدلتا تسودها ظروف مناخية متشابهة بوجه عام إلا أن هناك إختلافات إقليمية بين الجهات الساحلية والجهات الداخلية منها، كما أن مناخ الوادى فى صعيد مصر يختلف كثيرا عن مناخ الدلتا من حيث الحرارة والرطوبة والمطر. وقد انعكس هذا الإختلاف فى المناخ فى توزيع الحاصلات المختلفة، ففى الاستطاعة زراعة المحاصيل المصرية فى الدلتا والوادى غير أن إنتاج بعض المحاصيل قد يختلف فى أحدهما عن الآخر مع تشابه الأرض فى الجودة، لذا كان لزاما على المشتغل بالزراعة فى مصر معرفة توزيع محاصيل الحقل فى المناطق الزراعية المحلية وتأثير العوامل الجوية على نموها وإنتاجها من حيث الجودة: أو الضعف فزارع الوادى لا يقدم على زراعة الاقطان طويلة التيل مثل المنوفى وجيزة ٤٥ لأنها لاتجود فى مناخ هذه المنطقة، إذ تحتاج هذه الأصناف إلى حرارة معتدلة وجو رطب وأرض متوسطة الجودة وهذا لايتوافر إلا فى الحزام الأوسط من الدلتا. وقد يصاب القمح الهندى بالصدأ الأسود بشدة فى شمال الدلتا بينما تقل اصابته فى جنوبها وتكاد تنعدم فى الوادى. وقد يتأثر القول بالصدأ أيضا فى الدلتا ولكن يندر هذا التأثير فى بلاد الصعيد رغم تسارى عدد الريات وذلك لحرارة الجو وجفافه والتكرير فى المنطقة الأخيرة. وينطبق ذلك أيضا على الكتان. غير أن الألياف الناتجة بمنطقة الوادى أقل نعومة من



(شكل رقم ٧-١) المواسم الزراعية في دلتا النيل



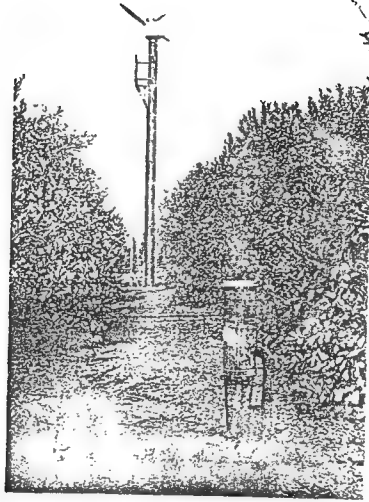
(شكل رقم ٧-٢) مواعيد زراعة وجني المحاصيل في دلتا النيل

النتيجة في الدلتا وربما كان ذلك لشدة رطوبة الجو وكثرة الضباب وانخفاض درجة الحرارة في الدلتا في موسم زراعته .

ويلاحظ أيضا أن بعض المحاصيل قد اشتهرت زراعتها في الدلتا بينما اشتهرت محاصيل أخرى بالوادي وبصفة عامة فإن العوامل الجوية في الوادي تلائم نمو بعض المحاصيل التي لا توجد في الدلتا، مثل القصب والذرة الرفيعة والفول وأنواع القمح الصلدة . ولكن يجب أن نتذكر أن توطن بعض المحاصيل في الدلتا والوادي لا تفسره الظروف المناخية وحدها، إذ تظهر عوامل أخرى متعددة، بعضها طبيعي كالترية، والآخر بشري كالظروف الاقتصادية والتاريخية والاجتماعية، تؤثر في هذا التوزيع الجغرافي للمحاصيل .

والى جانب تأثير العناصر المناخية في الدلتا على المحاصيل الزراعية، فإن لها وحيا أحر من التأثير يظهر في العمليات الزراعية . فمثلا نجد أن لعنصر حرارة السطح تأثيرا على بعض هذه العمليات سواء أكان هذا العنصر هو إنخفاض درجة الحرارة عن الحد الأمثل أو ارتفاعها عنه، ومن هنا كان لابد للمزارع في منطقة الدلتا أن يقوم بتعديل درجة الحرارة ما أمكن وذلك بالنسبة لمختلف

'محاصيل، أو على الأقل للحساسة منها لدرجات حرارة معينة . وذلك عن طريق اجراء بعض العمليات الخاصة بتدفئة التربة والمحاصيل بتغطيتها بقش الأرز أو بعيدا الحطب لمنع عملية الإشعاع حولها، حينما تنخفض درجات الحرارة في شهور ديسمبر ويناير وفبراير، كما في حالة الطماطم والبسلة . ونفس الوضع يحدث صيفا لوقايتها من حرارة أشعة الشمس وقد تغرس سقان الذرة الجافة في خطوط عبر الحقل لتقليل أثر الهواء الذي يعمل على برودة التربة بزيادة تبخر الماء منها . أو قد تجرى في بعض الأحيان عملية تدفئة للحقل كله (شكل رقم: ٣ - ٧) إذا هبطت درجة الحرارة فجائيا واقتربت من درجة التجمد وأصبحت النباتات معرضة للتلف بسبب الصقيع، فتشعل نيران في مواضع متعددة يخرج منها دخان كثيف يحيط بالنباتات بسحب صناعية، وغالبا ما يتم ذلك باستعمال الفحم أو الموائد الزيتية . وهذه النيران لا تعمل على إضافة الحرارة إلى الجو فحسب بل أنها تسبب على وجه الخصوص تيارات حمل تعمل على مزج كتلة الهواء ببعضها مزايا يكاد يكون تاما . ومثل هذه العملية لها أثرها خصوصا في الليالي الساكنة . وتتخذ إجراءات خاصة في زراعة المحاصيل التي تحتاج إلى درجات حرارة مرتفعة نسبيا أثناء فترات انباتها أو نموها، ومن بينها القطن : فالخطوط التي يزرع فيها تكون في الأغلب الأعم شرقية غربية، وتزرع البذور على الريشة القبلية حتى تتلقى أكبر قدر من ضوء وحرارة



(شكل رقم ٧٠٢) مدفاة ومروحة هوائية لتدفئة

بستان موالح ولتقليل حدوث الصقيع

الشمس ، وإذا وضعت هذه البذور في وقت مبكر فإنه يراعى عندئذ إضافة بعض الطمي أو الرمال إلى مرقد البذرة لكي تحافظ على قدر من الدفء نستطيع معه البادرات من النمو . وإلى جانب ذلك تؤثر درجة حرارة الهواء على طريقة عمل الدريس (البرسيم الجاف) التي لا تنجح إلا في الجو الدافئ القليل الرطوبة ، إذ يساعد ذلك على سرعة جفافه . كما كان عملية دراس بعض المحاصيل كالقمح والشعير والفول لا يبدأ بها إلا عند إرتفاع حرارة الجو وجفافه . إذ أن إنخفاض درجة الحرارة وزيادة الرطوبة في الجود تجعل الفش يلقى . كما تقف عملية تدخين أشجار الموالح وغيرها ضد الحشرة القشرية إذا إرتفعت درجة الحرارة عن ٢٦,٥ (٨٠ ف) أو إنخفضت عن ١,٦ مئوية (٣٥ ف) .

ومن تأثيرات حركة الهواء على العمليات الزراعية في بيئة دلتا النيل أنها تعمل على نقل وتلقيح الأزهار والأشجار والنباتات الحقلية، ومن تأثيراتها الصارة أنها تنقل الجراثيم والأمراض الفطرية كالصدأ والتفحم في القمح والشعير والذرة، كما أنها تزيد من سرعة جفاف الأرض المروية إذا كانت الرياح جافة ودافئة عن طريق زيادة التبخر من التربة والنبات. وبالإضافة إلى ذلك يظهر أثر الرياح في ميعاد رياح كثير من المحاصيل مثل الدرة والقمح، إذ كثيرا ما يحجم الفلاح في الدلتا عن رى حقله صباحا أو عصرا ويفصل ريه ظهرا أو ليلا على وجه الخصوص. ذلك أن ماء الري يفكك التربة فتتخلخل جذور النباتات وبالتالي فإن أى حركة في الهواء يمكن لها أن تتسبب في ضجعان النباتات فيتلف المحصول ويكون الضرر جسيما إذا حدث الضجعان قبيل نضج النباتات أو وقت حملها للكيزان والسنايل ولهذا يجب زراعة الذرة في خطوط من الشمال إلى الجنوب ليسهل مرور الرياح بينها، وهى الرياح الشمالية عموما في كل أرجاء الدلتا تقريبا. ويعوق هبوب الرياح السريعة عملية نثر البرسيم عند زراعته، كما أنها تعوق عملية نثر السماد الكيماوى أيضا.

ويمكن تغيير حركة الهواء أيضا عن طريق زرع الحبوب في أخاديد أو شرائح ضيقة ومتبادلة بحيث تكون عمودية على إتجاه الرياح السائدة وهى الشمالية، وهذه الطريقة تحمى البادرات وتقلل من تأثير الرياح عليها.

وللندى في دلتا النيل أكبر الأهمية من حيث التأثير على العمليات الزراعية. فظهوره على الأشجار الحمضية وغيرها يدعو إلى وقف تدخينها، كما أن له أثره في حصاد القمح والشعير إذ أنهما يحصدان قبل تطاير الندى حتى لا يتقصف السنايل. ويدرس الأرز في الصباح الباكر حتى لا يتقصف قشّه وتتعري حبيبه، بينما لا يدرس القمح والشعير والبرسيم إلا بعد تطاير الندى.

وكذلك يؤثر الندى في إذابة الأسمدة الكيماوية في زراعات البرسيم والقمح لذا ينصح عادة بعدم نثرها إلا بعد تطاير الندى. وبالإضافة إلى ذلك يودى البرسيم المندى إلى إنتفاخ الماشية. ويغسل الندى سطوح الأوراق فيسهل بذلك عمليتى التمثيل الكربونى والتنفس. والدريس لا يقلب والقمطن لا يجنى أو يعبأ في أكياس إلا بعد تطاير الندى حتى لا تتأثر تيلته بالماء.

مما سبق نرى أن تأثير المناخ في الإستغلال الزراعى في بيئة دلتا النيل يكاد ينحصر في حرارة التربة وحرارة السطح ونسبة الرطوبة ومدة سطوع الشمس. أما العوامل الأخرى كالضغط الجوى والرياح والأمطار فتأثيرها غير مباشر ويصعب القول بأنه محدود أو غير

محدود، إذ لم نشاهد فى العمليات الزراعية ما يشير إلى أن لأحدهما أثرا هاما وأن كان هذا بطبيعة الحال لاينفى أن لها هى الأخرى قدرا معيننا من التأثير على أطوار حياة المحاصيل المختلفة المزروعة فى منطقة البحث (١).

ونظرا لأن العناصر المناخية لاتضع حدا معيننا سبل النمو الذى يمتد طول العام، فليس هناك فصل يقف فيه نمو النباتات كما يحدث فى معظم الأقاليم الباردة، وقد أدرج الفلاح منذ زمن بعيد تجارب كثيرة أنسب الأوقات والظروف لزراعة محاصيله وأعماله الزراعية، وارتبط ذلك بالظروف المناخية ارتباطا وثيقا ظهر فى صورة التنظيمات التى عرفها الفلاح واستمر فى استخدامها حتى الآن، وعلى الرغم من التقدم الفنى فى أساليب وسائل الزراعة إلا أن هذه التنظيمات لازالت ناموسا يهتدى به الزراع. وأهم مظهر لهذا الارتباط يتمثل فى صورة الأمثال الزراعية التى ترتبط بدورها بشهور السنة القبطية دون غيرها. لذا لانعجب إذا عرفنا أن الغالبية العظمى من المزارعين تزيد معرفتهم كثيرا بالظهور القبطية عنها بالنسبة لشهور السنة الميلادية (الشمسية) والهجرية (القمريه) (٢). وأن دل هذا على شيء فإنما يدل على أن هذه الأمثال تلقى قدرا من الضوء على حقيقة ارتباط التنظيمات الزراعية بالعناصر الجوية. وتتلخص الأمثـل الزراعية المشهورة فى مصر عامة والدلتا خاصة فى الجدول التالى (جدول رقم: ٤-٧).

والى جانب الأمثال السابقة (٣)، فقد ارتبطت شهور التقويم القبطى أيضا بالعمليات الزراعية فى صورة بعض ألفاظ لها دلالة مناخية معينة أمكن معرفتها مثل : لفظ (نقطة) وهو يوافق ١١ بؤونة (٢٠ يونيو) حيث يرتبط به مواعيد زراعة بعض المحاصيل، كأن يقال مثلا: (زرع القطن على ١٣٠ يوم) أى قبل النقطة بهذه المدة، كذلك لفظ (نيروز) الذى يدل على أن النيل يبلغ أقصاه وتبدأ معه زراعة المحاصيل الشتوية.

وخلاصة القول أن ثبات الظروف المناخية فى بيئة دلتا النيل ووضوح أثر العناصر المناخية على المحاصيل الزراعية بها، من حيث تنظيم زراعتها تنظيميا فصليا لايفرض حدودا لفصل النمو بل يسمح بزراعة بعض أنواع منها فى أكثر من فصل تبعا لتوافر

(١) ارتبطت الزراعة ومواعيدها وعملياتها فى مصر بالتقويم القبطى نظرا لثباته وتكرار شهوره فى نفس الظروف ونفس الرقوع سنويا وتوافقه كذلك مع الظروف المناخية السائدة. وقد سمت السنة فى هذا التقويم إلى اثنتا عشر شهرا كل منها ثلاثون يوما، والخمسة أيام الباقية سميت بالنسء ولاشك أن التقويم القبطى هنا يدل على تلك الخبرة الطويلة التى مارسها الفلاح ولتى ما زالت قائمة باستمرار للظروف المناخية إلى يومنا هذا.

(٢) يختلف التقويم الهجرى عن التقويم الشمسى والقبطى، حيث يقل الأول بأحد عشر يوما كل سنة عن الآخرين، ومعنى هنا أن شهور السنة الهجرية تسبق بداية الفصول بأحد عشر يوما كل سنة.

(٣) نظرا لأن الباحث قد عاش فترة طويلة من حياته بالريف، فقد سمع وحفظ من أهل قريته كثيرا من هذه الأمثال وتحقق منها.

(جدول رقم ٤-٧) الأمثال الشعبية التي لها علاقة بالزراعة التقليدية في بيئة دلتا النيل

الشهر	المثل	التعريف
توت	توت هات الأنتوت	يقصد بذلك استعداد الفلاح لخدمة أرض المحاصيل الشتوية القمح، الشعير، الكتان، البرسيم الفول.
بابيه	بابه زرعه يظب النهاية	الانتوت: مسمار خشبي صغير يربط قصبه الممرات البادى بالناف الذي تجره الماشية. نظرا لأن هذا الشهر يوافق أوائل أكتوبر فإن المحاصيل التي تزرع به مثل الفول القمح والعدس والحمص تكون أكثر إنتاجية لما تمتاز به بادراتها من قوة النمو
هاتور	- هاتور أبو الذهب المنثور - ان فانتك زرع هاتور أصبر لما السنة تدور	يقصد بذلك أنه يتم في هذا الشهر زراعة القمح حيث يعد هذا الشهر هو الأمل للزراعة هذا المحصول، وأن أي تأخير لا يعود بالمحصول الوفير، وقد أكدت ذلك التجارب الزراعية حديثا.
كيهك	كيهك صباحك مساءك	يكون طول النهار في هذا الشهر أقصر ما يكون. ويقال العمل الزراعي، بل يكاد ينعدم، ويقتصر على تغذية الماشية بالبرسيم وتطهير الترع والمصارف.
طوبيه	طوبيه أم البرد والعنوبيه، نخلى العجوزة كركوبه.	طوبية أصلها (دبة) وتعني نضج القمح، ويعد هذا الشهر أقصى الشهور برودة.
أمشير	أمشير يقول للزرع سير خلى التصوير يحصل الطويل	أمشير أصلها (ماخير) ومعناه الدافئ، ونظرا لشدة البرد التي يعانيها الزرع وخاصة القمح في شهرى كيهك وطوبيه مما يجعل الزراعات المتأخرة ضحيقة وصغيرة، وحتى يحل أمشير يصير الجو دافئا نسبيا فتزداد قوة.

تابع (جدول رقم، ٤-٧)

الشهر	المثل	التعريف
برمهات	برمهات روح النخيل ومات	يقصد به بدأ النباتات فى الأزهار والأثمار مع بداية الربيع وتزداد المحاصيل نمواً، حيث تسبح القرصة لمن يذهب إلى الحقن أن يجد الفول الأخضر وفريك القمح.
برمودة	برمودة دق العمودة	برمودة أصلها (بارانوت) وتسمى شهر إلّا الحصاد (نوت) ويتم فى هذا الشهر حصاد المحاصيل المختلفة مثل القمح والفول والبرسيم. ويقصد (بدق العمودة) أى دق العمود المركزى للنورج الذى يستخدمه فى عملية الدراس.
بششس	بششس يكس النخيل كس	أى دق بالمصى الثقيلة لفصل الحب عن القش.
بؤونة	بؤونة الحجر	لأبقى فى هذا الشهر محاصيل شتوية بالحقن حيث تكون كلها قد حصدت. ويطلق عليها الحجر نظراً لشدة الحر (يونيو ويوليو).
أبيب	أبيب طباخ الغنم والدين	ينضج فى هذا الشهر العنب والدين
مسرى	مسرى تجرى فيه كل نرعة عسرة	يرافق هذا الشهر وصول مياه الفيضان إلى جميع الدرع حتى لاتصلها المياه طوال السنة (الدرع المسرة).

المياه طوال العام تقريباً، قد هيا ظروفًا ملائمة لتنوع هذه المحاصيل. فقلما نجد منطقة من العالم تبلغ هذا القدر من المساحة المحدودة (٣ مليون فدان تقريباً) تدس وتصلح لنمو غلات تحتاج لتلك الظروف المناخية المتباينة التى تتطلبها المحاصيل التى تزرع فى الدلتا، مثل نباتات البحر المتوسط كالحبوب الشتوية والموايح ونباتات الأقاليم المدارية والموسمية كالذرة والقطن والأرز، إذ نجد هذه المحاصيل بيئة ملائمة وظروفًا مناخية تصلح لنموها.

المناخ وإنتاج المحاصيل الزراعية

تحدد، إلى درجة كبيرة الظروف المناخية المثلى للنمو إنتاجية المحصول. وإذا كان هناك حدود دنيا وعظمى من درجات الحرارة التى يصعب على النبات نموه خارجها، فإن لكل محصول وحدات حرارية معينة تلزمه لقضاء مراحله الحياتية المختلفة. ولقد حاول بعض الباحثين الربط بين درجة الحرارة ونمو النبات وإنتاجية المحصول، ففى عام ١٩٤٧ استخدم جسليين Geslin عامل الفاعلية (A) الذى يشير إلى قوة النمو المرتبطة بدرجة الحرارة والإشعاع الشمسى؛

$$A = \sqrt{H}$$

حيث ح = المتوسط اليومي لدرجة الحرارة (درجة مئوية)

ش = كمية الإشعاع الكلية على سطح أفقى (وحدة حرارية/سم^٢/يوم)

ولنمو الأوراق فى الحبوب الصغيرة - كالفقم - علاقة مباشرة بهذا العامل، حيث بازدياده يزداد نمو الأوراق.

ومن خلال دراسة أجراها جويوت Guyot (١٩٥٦) وجد أن هناك علاقة بين إنتاج محصول العنب وازدياد متوسط درجة الحرارة السنوى فوق ٨ درجة مئوية، كما تبين له أن نوعية العنب ترتبط طردياً بمربع عدد ساعات سطوع الشمس فى شهر يوليو. كما أن هيلدرث وبارنت Hildreth & Burnett قاما بحساب معامل الارتباط بين إنتاج محصول القطن ورطوبة التربة عند عمق متر واحد مقاسة فى ٢٠ مايو فوجدوا أنه يساوى ٠.٧٥. وهى قيمة تدل على علاقة قوية بينهما، فى حين بلغت قيمة معامل الارتباط - استناداً إلى دراسة لود Laud - بين إنتاج محصول القمح وكميات الأمطار الساقطة فى الفترة من مايو وحتى ٣١ يوليو مقدار ٠.٨٦. وذلك فى ولاية كانساس الأمريكية. أما بالنسبة للمجر، فقد اقترح برنى Berenyi العلاقة التالية؛

$$Y = aX_1 - bX_2 + cX_3 - d^4$$

حيث Y = أفضل إنتاج للمحصول

X_1 ، X_2 ، X_3 = التساقط، درجة الحرارة، سطوع اشمس على الترتيب خلال الفترة من مايو وحتى يوليو.

a . b . c . d = ثوابت .

وبلغت قيمة معامل الارتباط ٠.٨٧. وهى قيمة كبيرة لها دلالة إحصائية لتؤكد على الارتباطات السابق ذكرها.

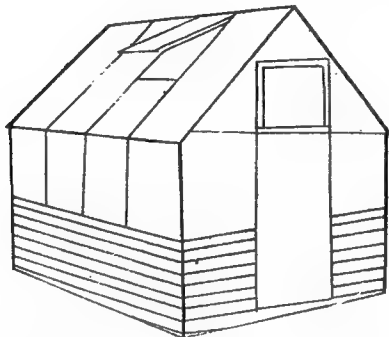
البيئة الزراعية الاصطناعية

لما كان لكل محصول زراعى إحتياجات مناخية، وبما أن هذه الإحتياجات تتوافر فى مناطق دون سواها، وفى فصل من السنة دون غيره، لذا تحددت البيئات الأساسية للمحاصيل الزراعية وأصبحت الحدود واضحة بين الأجزاء الصالحة وغير الصالحة لزراعة هذا المحصول أو ذلك. وإذا كان بالإمكان توفر الرى فى حالة قلة المياه الجارية على السطح أو من المياه الجوفية، بجانب محاولات إسقاط الأمطار بطرق اصطناعية، فإن الأمر لم يقف عند هذا الحد بل تعدى ذلك إلى خلق أجواء حرارية معينة، وأصبحت الكثير من المحاصيل الزراعية تزرع خارج نطاق زراعتها الأصلية وفى فصول غير فصول زراعتها.

إن عملية توفير الحرارة الكافية لحاجة المحاصيل الزراعية من العمليات الهامة والأساسية فى توفير فصل نمو دائم ومستمر على مدار السنة للكثير من أنواع النباتات. وقد تم توفير ذلك عن طريق استخدام بيوت مصنوعة من الزجاج أو البلاستيك، ولذا عرفت تلك البيوت بالبيوت الزجاجية أو البلاستيكية، تلك التى توفر فى داخلها جواً مختلفاً كل الاختلاف عن الجو الخارجى. فالبيوت الزجاجية أو البلاستيكية تستفيد من خاصية المواد المصنعة منها - زجاج كان أم بلاستيك - حيث ينعكس الزجاج بخاصية السماح بحرية مطلقة للأشعة الشمسية القصيرة الموجة من إختراقه تجاه سطح الأرض، غير أنه ينعكس الأشعة الأرضية الحرارية طويلة الموجة من إختراقه تجاه الفضاء، ولذلك يحافظ على درجة حرارة ليلية أعلى بكثير من من درجة حرارة الجو الخارجى، كما أنه يقلل من فقدان الحرارة أثناء النهار، ومن ثم يجعل حرارة النهار أعلى. وهكذا يمكن القول أن الطاقة الشمسية تحفظ داخل البيوت الزجاجية وتمنع من التسرب خارجاً مسبباً بذلك حاجة النباتات المحبة للدفء فى الليل. كما يمكن أن تستغل الطاقة الشمسية فى توفير جو حرارى ليلي معين بواسطة تخزين الحرارة الناتجة عن أشعة الشمس فى النهار، باستخدام أجهزة خاصة - عبارة عن ألواح لجمع الحرارة - حيث يتم تسخين الماء الذى يحفظ ضمن خزانات، كى يعاد استخدامه فى الليل وفى الأيام المليدة بالغيوم والباردة. ولم يعد يكتفى باستغلال الطاقة الشمسية فى البيوت الزجاجية، بل أصبح الآن يوفر للنبات أيضاً أحواء اصطناعية خاصة عن طريق التدفئة الاصطناعية (مدافئ كهربائية، أو مدافئ الكيروسين ...). وفى حال نقص الضوء الضرورى فإنه يوفر ضوءاً اصطناعياً عن طريق المصابيح، كما يوفر للنبات التهوية اللازمة بالطرق المناسبة، والرطوبة الضرورية الجوية والأرضية.

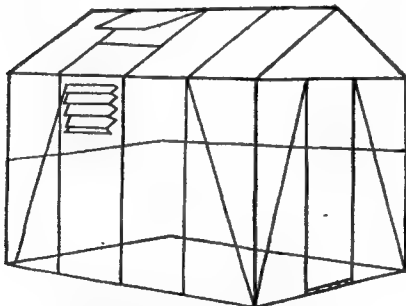
ويلعب اتجاه البيت الزجاجى بالنسبة لأشعة الشمس دوراً كبيراً فى تحديد كمية الطاقة الشمسية المستفاد منها. ويعد الاتجاه شرق - غرب أفضل بكثير من الاتجاه شمال - جنوب، حيث تدخل فى الحالة الأولى أكبر كمية ممكنة من ضوء الشمس فى فصل

الشتاء، بجانب أن توزيع الضوء يكون أكثر انتظاماً، كما أن درجة حرارة التربة في الشتاء والحرارة المكتسبة تكون اعنى في البيوت الزجاجية الشرقية - الغربية من غيرها من البيوت (شكل رقم: ٤-٧) .



(شكل، ٤-٧)

١ - بيت زجاجي تقليدي، نصفه السفلي مكون من مادة عازلة و خشب، هرميد «



ب - بيت زجاجي تقليدي مقطبي بألواح زجاجية
أو بيلاستيك من مستوى السقف وحتى مستوى سطح التربة

وتستخدم البيوت الزجاجية لزراعة الخضروات (خيار، باذنجان، كوسة، فلفل، طماطم) ونباتات الأزهار والزينة (قرنفل، ورود، أقحوان)، بالإضافة إلى بعض شجيرات الفاكهة (عنب، موز، مشمش). وقد تحتاج بعض المحاصيل لهذه البيئة الاصطناعية فترة قصيرة من حياتها، بينما نجد أخرى تبقى في تلك البيوت طيلة فترة نموها حتى تنضج وتقطف ثمارها. وفي حالات كثيرة فإن طريقة زراعة البيوت الزجاجية تكون ناجحة اقتصادياً في حال إذا ما كانت البيئة الطبيعية لبعض المحاصيل لا تحتاج إلا لقليل من التعديلات في البيئة لكي يتحقق لها أفضل نجاح.

ثانياً : المناخ والصناعة

تتأثر الصناعة بحالة الجو في نواحي متعددة لايسهل حصرها، ولكن يمكن تقسيم هذا الأثر إلى ناحيتين: الأولى هي اختيار موضع المصنع، والثانية تأثير المناخ على عمليات التصنيع ذاته.

أما من ناحية اختيار موضع المصنع، فتظهر أهمية المناخ المباشر في معرفة أثر كل من درجة الحرارة ونسبة الرطوبة واتجاه الرياح وقوتها ومدة سطوع الشمس على تصميم مبنى المصنع ومدى حاجته إلى التدفئة. وهناك جانب آخر، غير مباشر، من هذه الأهمية يتمثل في تأثير العوامل الجوية على طرق النقل ووسائل المواصلات التي تربط المصنع بمراكز التسويق ومناطق التصدير، هذا بالإضافة إلى تأثيرها على هجرة الأيدي العاملة إلى المناطق الصناعية للعمل بها تبعاً لاعتدال أو لسوء الأحوال الجوية السائدة.

ومن ناحية تأثير المناخ على عمليات التصنيع، نجد أن هناك كثيراً من الصناعات التي يتعين لها ظروف جوية خاصة، بالنسبة لدرجة الحرارة والرطوبة، بدونها لا تنتج. ولكننا نرى أن عمليات التصنيع قد تحررت من تحكم العوامل الجوية الآن فيها، إذ أصبحت المصانع مجهزة بالآلات التكييف Air condition التي تخلق جواً اصطناعياً، يشابه إلى حد كبير ما تتطلبه الصناعات من أحوال جوية طبيعية.

وفي دلتا النيل، قد لانجد للظروف الجوية دوراً في تحديد مواضع المصانع بها، إذ أن أغلبها يقع شمال المدن، مثالها المصانع العديدة التي تقع شمال القاهرة في شبرا الخيمة، دون أن يؤخذ في الحسبان عند اختيار هذا الموضع اتجاه الريح السائدة، وهي الشمالية عموماً، التي تحمل المخلفات الصناعية وتلقي بها على المناطق السكنية مما يسبب أضراراً جسيمة للسكان. وعلى الرغم من أن هناك مصانع تقع جنوب المدن، ومصانع الإسكندرية مثلاً، إلا أن هذا الموضع أيضاً قد لا يرتبط بالعوامل الجوية مباشرة مثلما يرتبط بطرق النقل، والنقل النهري بصفة خاصة، حيث يمكن نقل المواد الخام وتصريف المنتجات بأقل تكلفة ممكنة.

ومن الناحية الأخرى، نجد أن تكاليف الإنتاج في الصناعة عموماً تتأثر بمدى الحاجة إلى التكييف وتصميم المباني بحيث تناسب مع الأحوال المناخية السائدة. فصناعة الطائرات في دلتا النيل مثلاً، تطلبت مباني ضخمة وظروف جوية ملائمة لأجزاء التجارب والاختبارات تتمثل في صفاء السماء وخلوها من السحب بالإضافة إلى

الجو الدافئ حتى لا تنصخم تكاليف الإنتاج بإضافة تكاليف التدفئة الباهظة . وعلى ذلك فقد توطنت هذه الصناعة في منطقة القاهرة ، دون سواها ، حيث تقل نسبة الغيوم في سمائها (تقريباً من قبة السماء) ، كما يرتفع بها المتوسط اليومي لدرجة الحرارة الذي لا ينخفض في أى شهر من الشهور عن ١٢ درجة مئوية (٥٣,٦ ف) .

وثمة أهمية ملحوظة للعناصر الجوية على توطن بعض الصناعات في بيئة دلتا النيل . فصناعة نسج القطن مثلاً من المعروف أن الجو الرطب يناسبها ، لأن الرطوبة تفوى خيوط الغزل ومن ثم تقلل من قطع هذه الخيوط أثناء النسيج . وعلى ذلك تأثر توزيع هذه الصناعة في منطقة البحث إلى حد ما بالرطوبة النسبية التي تتميز بازديادها في الجهة الشمالية ، صيفاً وشتاءً ، فضلاً عن تزايدها أيضاً في الجهات الوسطى ، شتاءً ، وإنخفاضها كثيراً في الجهات الجنوبية ، وربما كان ذلك من أسباب انتشار صناعة نسج القطن في الجهات الأولى . ولكن لو نظرنا إلى مستقبل هذه الصناعة نجد أنه ليس للرطوبة النسبية أهمية تذكر في هذا الشأن ، إذ أصبح من السهل تكييف الجو حسب ماتتطلبه الصناعة داخل المصنع .

وكذلك من الصناعات التي تتأثر بالعناصر الجوية في دلتا النيل ، صناعة السيما ، ففي بادئ الأمر كانت تعتمد هذه الصناعة على صفاء الجو وزيادة مدة سطوع الشمس حتى تتم عمليات التصوير بنجاح ، إلا أنه اخترع حالياً نوع من الأفلام تقلل من أهمية شدة الشمس كعامل مؤثر في نجاح التصوير . ورغم ذلك فإنه مازال تتوفر الضوء وزيادة رؤية آثار لا يمكن افعالها في التصوير بالخلاء ، فضلاً عن أن هبوب الرياح بتددة في سطحه التصوير تؤدي إلى تشويش أصوات مكبرات الصوت . وتبعاً لذلك تركزت هذه صناعه في منطقة القاهرة حيث تجد ظروفًا بيئية ملائمة لها .

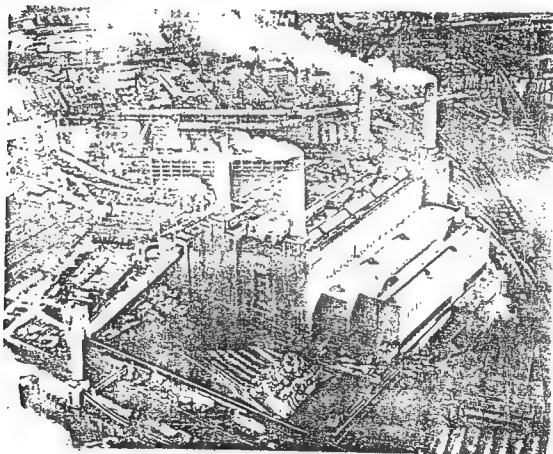
أدى انتشار الصناعة ، على مستوى العالم كله ، إلى نشأة مشكلة سلبية هامة هي تحليل موازين الغلاف الجوي الذي امتلأ بغازات خطيرة أدت بالتالي إلى تلوث حرك الكرة الأرضية . إذ أن التصنيع يسهم بنصيب كبير في زيادة نسبة الفضلات والمخلفات في الجو من ناحية ، وفي زيادة نسبة الغازات والأبخرة المتصاعدة من ناحية ثانية (شكل رقم ٥-٧) ، فضلاً عن الغازات المنبعثة من السيارات ، التي كان لها أضرارها المباشرة على مظاهر الحياة ، أولها وأخطرها ، كما ذكرنا من قبل ، زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو بصفة عامة الذي يؤدي إلى أضرار صحية جسيمة .

وهكذا أسهمت تكنولوجيا التقدم إلى جانب الزيادة المفرطة لسكان العالم في وجود أكبر مشكلة تهدد العالم^(١) ، ألا وهي الزيادة الرهيبة التي وصل إليها التلوث الجوي ، فلقد ثبت أن الخطر الذي يهدد الهواء يبدأ أولاً من الإنسان .

وعلى الرغم من أن التلوث الجوي ليس أثراً مباشراً للمناخ ، إلا أن للظروف الجوية

(١) بمدر هيئة الأمم المتحدة أى عدد سكان العالم سوف ليصل إلى حوالي ٧ بليون نسمة في منتصف القرن الواحد والعشرين . وبالتالي تكون المحافظة على نقاء الهواء بالحكم في معدل زيادة السكان .

السائدة أثراً كبيراً على معدل انتشار عوامله (رأسياً وأفقياً) وإيضاً على تراكمه من حيث أن حالة الضغط والرياح تؤثر في ذلك. وعليه تنشأ مشكلة تلوث الهواء نتيجة عاملين: أولاً: وجود شوائب عالقة بالجو (سواءً إذا كانت على هيئة صلبة أو سائلة أو غازية) بنسب أعلى من معدلاتها الطبيعية فيه، وترجع زيادة التلوث إلى كثرة مصادر تلك المواد الغريبة في الهواء فالدخان والغبار والأبخرة تأتي من عمليات الاحتراق بالمصانع وهذه تنتج من استعمال أنواع الرقود المختلفة بكميات تتزايد باستمرار، بالإضافة إلى مصادر أخرى عديدة كعادم السيارات والتبخر من السوائل الطيارة (كالجازولين). ثانياً: هدوء الهواء وعدم تحركه مسافات كافية لنقل وتشتيت ما به من غازات ملوثة، ومن الأسباب التي تعوق حركة الهواء وتساعد على سكونه وجود موانع ومصدات (مرتفعات - مباني - الخ)، وبالتالي تحتجز لأتربة والأدخنة الملوثة في درجة حرارة الجو مما يؤدي إلى تراكمها وزيادة تركيزها.



(شكل رقم ٧-٥٠) الغازات والأبخرة المنطلقة من المصانع وما يتبعها

من تلوث جو المدن التي توجد بها

وينتج عن زيادة مواد تلوث الهواء فوق المدن أن تنخفض فيها درجة الرؤية وترداد

بها ظاهرة العجاج، حتى لتبدو مبانيها من بعيد وكأنها مغلقة بسحابة كثية من دخان المصانع ومخلفاتها التي تحجبها عن الأنظار، فضلاً عن أن هذه المواد تمتص رطوبة الهواء وتكون بمثابة نوايات للتكثف، إلا أن قطرات المادة التي تتكون فوقها عندئذ تكون أكثر استقراراً من قطرات المسحب العادية، كما أنها لا تتبخّر بسرعة إذا ارتفعت درجة حرارة الهواء تبعاً لوجود بعض المواد الزيتية التي تعمل إلى تكوين غطاء وقائي حول هذه القطرات الصغيرة يجعل من الصعب تبخيرها أو تشتتها.

وتحت ظروف التلوث الجوى القاسية، نتيجة اختلاط وامتزاج مواد التلوث بالضباب، تنشأ بعض الأخطار التي تهدد بتسمم البيئة وتؤدي في كثير من الأحيان بحياة الإنسان إلى الموت، إذ تنتشر بعض الأمراض الخطوة (كأمراض القلب والجهاز التنفسي) المرتبطة بالتفاعلات الكيميائية بين مختلف أنواع التلوثات في الهواء والتي ينتج عنها مركبات جديدة أكثر خطراً أحياناً من مواد التلوث الأصلية^(١).

ولا تبعد بيئة دلتا النيل عن هذه المشكلة، فهي تتعرض لقدر كبير من تلوث هوائها بالأدخنة والغازات المنبعثة من المصانع والسيارات. ولقد كشفت آخر القياسات الدقيقة لمدى التلوث في هواء بيئة الدلتا عن أن أخطار التلوث لا تقتصر على المدن فحسب ولكنها ترزح أيضاً إلى هواء القرى^(٢).

وكمجرد مؤشر لتلوث جو مدن دلتا النيل، أوضحت القياسات ارتفاع نسبة التلوث فوق منطقة القاهرة الكبرى، وحددت أسبابها في عدة مصادر: (أولها) ازدياد النشاط الصناعي في المنطقة خلال العشرين عاماً الأخيرة، إذ تمتلك أكبر منطقتين صناعيتين في القطر (شبرا الخيمة وحلوان) تضمان عدة مئات من المصانع المختلفة الإنتاج، تتمثل في مصانع الغزل والنسيج ومنتجات الصناعات الهندسية ومصانع لتعبئة الغاز الطبيعي، ومصانع الحديد والصلب والسماد، وأغلب هذه المصانع لا تتوافر من حولها الوسائل اللازمة للتحكم في المخلفات المتسربة عنها إلى الهواء، مما يجعل النشاط الصناعي مصدراً كبيراً لتلوث هواء المدينة بالدخان والغازات والأتربة التي تشمل على كميات هائلة من المواد القطرانية الناتجة عن احتراق البنزين والسيارات. فقد قدر متوسط ما يسقط على المناطق بالقاهرة الكبرى (حلوان مثلاً) من هذه المواد بأكثر من ٦٢,٥ طن لكل كيلومتر المربع (١٠٠ طن للميل المربع) في الشهر الواحد، وهذه نسبة كبيرة إذا ما

(١) من الحالات الخطيرة والشهيرة لتلوث الجوى الشديد في بعض أنطار العالم، مما أدى إلى وفاة ٣٦ شخصاً (ديسمبر ١٩٣٠) في بلجيكا، و ٢١ شخصاً في بسلقانيا (الولايات المتحدة الأمريكية - أكتوبر ١٩٤٨)، ٤٠٠٠ شخص في لندن (المملكة المتحدة - ٩ ديسمبر ١٩٥٢).

Crutchfield, J. H. (1968): Ibid. p. 327.

كما يقدر على سبيل المثال، عدد الذين يموتون بسبب تلوث الهواء في الولايات المتحدة الأمريكية التي توجد بها أعلى نسبة تلوث في العالم بحوالي ٢١٠٠ شخص سنوياً. (الأهرام ١٩٧٩/٧/١٠).
(٢) تقوم بأجراء هذه القياسات وحدة تلوث الهواء بالمركز القومي للبحوث - القاهرة.

يبدو من الجدول أن أعلى درجات التلوث تحدث في الساعة الثانية عشرة ظهراً تكون في ميدان طلعت حرب، ففي هذا الوقت بالتحديد تصل كمية التلوث في الهواء الذي يغطي الميدان إلى ٢٩ جزءاً وتنتقل درجات التلوث المرتفعة بعدئذ إلى ميدان رمسيس في الساعة الرابعة مساءً، حيث يلفه هواء تصل كمية التلوث فيه إلى ٦٤٧ جزءاً في المليون .

ولرياح الخماسين التي تهب، كما نعرف ، في الفترة من فبراير حتى يونيو أثرها في تلوث الهواء بكثير من الأتربة والرمال التي تحملها وتلقى بها - في القاهرة، وخلال هذه الفترة تتزايد أعداد من يصابون بالأمراض والأضرار الناتجة عن التلوث كأمراض القلب والرئة .

ويزيد الضغط السكاني في مدينة القاهرة (المصدر الثالث) من تلوث الهواء، إذ يعيش فيها أكثر من ٥ مليون نسمة (تعداد ١٩٧٦)، وذلك بسبب تركيز الصناعات وفرص العمل والتعليم والخدمات، بحيث أصبحت بعض الأحياء الفقيرة بالمدينة مكتظة بالسكان لدرجة أنهم يزدودون من أفساد الهواء في البيئة التي يعيشون فيها .

ولكن كان الحال كذلك ، ولكن بصورة مصغرة، في كل مدن دلتا النيل تقريباً، فأن الصورة تختلف في قراها وريفها باختلاف أسباب ومصادر تلوث الهواء فوقها . فتطوير الزراعة واعتمادها على المخصبات الزراعية والمبيدات الكيماوية، التي يعتمد عليها الفلاح في مقاومة الآفات والأمراض والحشائش، تعد من أهم أسباب تلوث الهواء الذي يزحف على البيئة الريفية . إذ أن هذه المواد سامة وكثير منها يتميز بالثبات ولا يتعرض للتحلل البيولوجي بفعل الكائنات الدقيقة في التربة، كما أنها تحدث خللاً في توازن البيئة نتيجة الاستمرار في استعمالها . ولقد ثبت أن لوجود هذه المواد بالجو وراكمتها أيضاً فيه آثار ضارة، على كل من الإنسان والحيوانات، لذلك ينبغي أن توضع سياسة لاستعمال المولّد الكيماوية التي تعتمد على أنسب وسائل الزراعة وطرق المقاومة اليدوية وعدم اللجوء إلى المقاومة الكيماوية إلا في الحالات الخاصة التي تصل فيها الإصابة إلى درجة تهدد اقتصاديات الزراعة .

ثالثاً : المناخ والطاقة والاتصالات

يمكن أن تشكل عناصر الطقس المختلفة مصادر طاقة هامة، ومن تلك العناصر؛ الإشعاع، والرياح، والمطر. ومن الشائع في الوقت الحالي فكرة البطاريات الشمسية المستعملة في الأقمار الاصطناعية، غير أن مثل تلك البطاريات غير متوفرة للاستعمال عند سطح الأرض ، لأنها تجقى تحت ظروف تغيرات الإشعاع، وبذا تدل على عدم فاعليتها. ويمكن أن تستخدم حرارة الشمس في تسخين أو تبريد المباني، وتسخين الماء. وباستعمال عواكس على شكل مرايا ذات قطع مكافئ يمكن في آلات طبخ الأطعمة بالإشعاع.

ويمكن أن تستخدم الرياح عن طريق تأثير ضغطها كمصدر طاقة طبيعي، وطواحين الهواء دليل على ذلك. والطاقة الناتجة عن فعل الرياح يمكن أن يعبر عنها بالعلاقة التالية:

$$P = 2 \times 10^6 a V^3$$

حيث: P = الطاقة الناتجة (بالكيلوات)

a = مساحة السطح المعرض للرياح (م²)

V = سرعة الرياح (كم / ساعة)

ولفاعلية واقتصادية الطاقة الناتجة، فإن سرعة الرياح يجب أن تكون فوق قيمة معينة، وهذه القيمة مقدارها ٣٠ كيلومتر / ساعة لفترة تزيد عن ٤٠٪ من الوقت.

وبعد المطر أيضاً عنصراً رئيسياً في توليد الطاقة، وذلك عن طريق الجريان السطحي لمياه الأمطار. وطواحين الماء، والكهرياء المائية، أمثلة عن فاعلية المطر كمصدر من مصادر الطاقة. وكثيراً ما يخزن جزء من الطاقة الضخمة المصاحبة لسقوط الأمطار بإقامة السدود وخلق بحيرات مائية تستخدم في استخراج الطاقة الكهريائية مثل بحيرة ناصر التي نشأت بعد بناء السد العالي.

وينقل كل من الطاقة والاتصالات في كثير من دول العالم عبر كابلات علوية (هوائية). وتخضع تلك الكابلات للضغط الناجم عن العواصف الثلجية والظواهر الجوية الكهربية (الصواعق) والرياح، ويصبح الأمر خطيراً فيما إذا صاحبت العاصفة الثلجية رياح شديدة السرعة في آن. وخلال ارتفاع درجات الحرارة بين لحظة وأخرى على عملية النقل (البث) وعلى عمل الأجهزة - كالمفاتيح (السويتشات) والعوازل والمحولات-. كما تعمل الرطوبة الجوية على الحد من عمل بعض قطع الأجهزة الكهربية. ويتأثر استقبال أجهزة الراديو بالأحوال الجوية، حيث تؤثر على عمل الهوائي Antenne، كما ويتأثر الاستقبال بالتقلبات الجوية من خلال التغيرات التي تحدث في انكسار الموجات.

وتبتعد الكابلات الممدودة تحت سطح الأرض عن تأثيرات الجو مما ينعكس على نقل الطاقة والاتصالات، وتكون تلك الكابلات ضد تأثير الماء، بالإضافة إلى أن مناخ تحت سطح الأرض يتصف بانتظامه الملحوظ. غير أن تكاليف الكابلات تكون باهظة، حتى بات سؤال الاقتصاديين عما إذا كان من الأفضل الإنفاق على الصيانة المستمرة، أو الإنفاق على تركيب كابلات جديدة. والارتباط وثيق بين حالة الطقس واستهلاك

الكهرباء، ويبدو تأثير عناصر الحرارة والرياح وقصر طول النهار على طلب الكهرباء حتى أمتست الكهرباء تستخدم في سائر مجالات الحياة.

رابعاً : المناخ والنقل والمواصلات

يعتمد نظام النقل في منطقة ما على الظروف المناخية، ولهذا فإن ما يهم هو حالات الطقس المتطرفة أو الشاذة. إذ يتم التعامل هنا مع الظواهر الجوية المتغيرة في فترات قصيرة وليس مع الأحوال المناخية العامة. وغالباً ما تسبب تطرفات - أو شذوذ - الطقس مناعب كثيرة، حيث تزداد حوادث التصادم على الطرقات زيادة كبيرة. وأهم آثار الطقس على النقل تتم من خلال وجود الجليد، وتراكم الثلوج، والاضطرابات الجوية الشديدة، والأمطار الغزيرة، وضعف الرؤية. وبالإضافة إلى الآثار المباشرة الناجمة عن فعل العوامل السابقة، هناك آثار غير مباشرة، كحال تجوية المواد (تعرض مركبات وسائل النقل لأعمال التجوية) وتعديل التضخيم.

ويمكن أن يتم النقل بأربع طرق هي؛ الهواء، الماء، السكك الحديدية، والطرق البرية، ويتأثر كل منها بالمناخ وتقلباته كما يتضح فيما يلي:

النقل الجوي

تقوم مصلحة الأرصاد الجوية في أقطار عديدة بتزويد الكثير من الخدمات إلى الطيران المدني والعسكري. ومن الواضح حالياً أن التوقعات الجوية الدقيقة والمتقدمة قد أدت إلى التقليل من مشاكل الطيران. ويبدو تأثير الأحوال الجوية على الطيران من حيث تأثيرها على المطار (المحطة) والطريق الجوي.

وتبدأ مشاكل المطار بتحديد موقع المطار. وتتعلق مسألة الموقع بالحالة المناخية، حيث يتطلب دراسات لفترة طويلة لما يخص؛ تكرار حدوث الضباب، والارتفاع المنخفض للطيران. وتعد المعلومات عن حدوث الرياح سرعة واتجاهاً، وارتفاع السحب، والرؤية، ذات أهمية جوهرية في نجاح عمل المطار. ويبدو غريباً أحياناً، في أن بعض مواقع المطارات اختيرت بشكل غير مناسب. وتكون للعلاقات المتداخلة بين العناصر المتيورولوجية غالباً أهمية كبيرة، كما في الهبوط على ارتفاعات منخفضة مع رياح تهب من اتجاه معين. ويجب أن تمتلك كل المطارات معلومات من هذا النوع محللة إياها على خرائط فمسية ويومية، والخرائط اليومية تأخذ في الحسبان تخطيط جدول مواعيد الطيران. ويتحدد توجيه المهبط أو المدرج حسب اتجاه الرياح السائدة، ذلك أن الطائرة في هبوطها وإقلاعها تتفق مع الرياح السائدة تقريباً. كما يلزم معرفة درجة حرارة هواء المهبط لحساب استطاعة حمولة الطائرة أثناء إقلاعها.

ومن أهم العناصر المتبيروولوجية التى تهتم الطائرة فى رحلتها؛ سرعة الرياح، الاضطرابات، السحب، التجمد، والعواصف الرعدية. وتعد معرفة هذه الأمور من الأهمية بمكان لسلامة رحلة الطائرة، مدنية كانت، أم عسكرية، علماً أن الطائرة العسكرية مزودة برادار، كما أنها تطير فوق مستوى الكثير من أخطار الطقس. والمعلومات عن العناصر السابقة تلزم لتأمين سلامة الطائرة ولاقتصاديات الطيران، كما يجب توفير معلومات كافية عن الرياح الخلفية (خلف الطائرة) والأمامية، ومستويات الطيران المثلى، وذلك بهدف الحصول على طريق اقتصادى أكثر، والذي يجنب أيضاً مناطق الاضطراب التى تبرز حيث الحركة الرأسية للهواء، والتجمد الممكن حدوثه.

النقل المائى

أدرك الإنسان منذ آلاف السفين مدى تأثير المناخ على نقل البضائع والبشر عبر الماء. وحتى فى الوقت الحالى، كثيراً ما نقرأ أو نسمع خبر فقدان سفينة محملة فى أعالي البحار، وأن عدداً من الأحياء قد فقد فى البحر بسبب الطقس العاصف. وفى وقت استخدام السفن الشراعية كان الإنسان واقعاً تحت رحمة الرياح، وهذا يظهر كيف أن الإنسان فيما مضى استفاد من المعرفة المناخية محولاً تلك المعلومات التى يملكها عن الرياح - اتجاهها وانظماً فى الهبوب - إلى منفعة اقتصادية.

وفى الوقت الراهن قد تكون الأهمية ليست كبيرة فيما إذا كانت الرياح تهب مسaire أو معاكسة لوجه السفن الكبيرة، علماً أن الرياح المعاكسة لها آثار أعظم بكثير من آثار الرياح المسيرة. ومن الواجب على السفن الصغيرة أن تحترس من الرياح القوية التى تحدث فجأة؛ فالسفن الساحلية وسفن البحيرات التى تكون غير مجهزة لمواجهة الطقس الردى القاسى، فإنها تحتاج إلى تنبيه خاص عن الرياح العاصفية الممكن حدوثها حتى تحتاط منها. ويمكن أن تسبب الرياح العالية السرعة التى تصاحب مع أعاصير الهاريكين (التيفون) أضراراً بالغة فى السفن الصغيرة منها والكبيرة.

وللجليد تأثير خطير على النقل المائى، خاصة ذلك النوع الذى يعرف بالجليد الأسود الذى يترسب على المسطوح المعرضة للرياح الشديدة الباردة - الرياح الثلجية -، ويؤدى تكرار حدوث الجليد إلى صعوبة عبوره من قبل السفن الصغيرة، وحتى السفن الكبيرة. والكثير من الطرق المائية العالمية تتجمد لفترة من السنة، ولذا يلجأ إلى الاستفادة من المعرفة المناخية للتنبؤ عن المواعيد التقريبية لتجمد تلك الطرق وخلوها من الجليد. والمعلومات من هذا النوع ذات أهمية اقتصادية بارزة فى البحيرات الكبرى وما حولها فى أمريكا الشمالية، إذ اكتشف أن تاريخ تكسر الجليد يكون مرتبطاً بارتفاع درجة الحرارة

المتوسطة في شهر فبراير. وفي المناطق أو الفصول التي تكون فيها فترة الجليد قصيرة، فمن الممكن استخدام محطات الجليد للمحافظة على القنوات الملاحية مفتوحة بصورة دائمة.

وتختار الموانئ عادة بشكل يتوفر لها الحماية من مخاطر العنّس خاصة الرياح العالية السرعة، والبحار العالية الموج، التي يمكن أن تضرب السفن الراسية قبل أن يكون لها الحظ لتنتقل خارج العاصفة. ويشكل الضباب خطراً على الموانئ، خاصة تلك التي تقع في أو قرب المدن الكبرى حيث يحدث الضباب الدخاني.

وأثناء تحميل وتفريغ البضائع والسلع تكون الأحوال المناخية غاية في الأهمية، حيث أن بعض السلع تتلف بتعرضها لعناصر المناخ. كما أن نقل المواد القابلة للفساد تتأثر أيضاً بالظروف الجوية، ولهذا يتقرر ما إذا كان من الضروري استعمال التسخين أو التبريد للوقاية من التلف أو الفساد، والاتجاه الحالي لحل المشكلة هو بالتخزين ضمن السفن باستعمال ماء البحر البارد لتبريد المواد المخزونة، وهذا ما يجنب الحاجة إلى أجهزة التبريد الباهظة التكاليف.

وقد تتعرض الطرق المائية على اليابس - كما في القنوات الملاحية - إلى موجة جفاف نسب نقص في كمية المياه الجارية، وبالتالي انخفاض في حركة السفن أو حتى توقفها كلياً، كما يحدث أثناء السدة الشتوية في مجرى نهر النيل وفرعيه والرياحات المائية في مصر.

السكك الحديدية

كانت السكك الحديدية أداة في فتح مناطق وبلاد عديدة، مساهمة أيضاً في التطور السريع لتلك البلاد قبل اختراع الطائرة. ويبدى المهندسون في مواجهتهم للمشاكل الكثيرة مع النقل بالسكك الحديدية أهمية للعوامل المناخية بعدما أصبحت السكك الحديدية محط أنظار الناس وطمأنينتهم، حتى بعد أن أصبح السفر متاحاً في الجو أو البحر أو البر. ففي حالة الظروف الجوية القاسية - من تراكم الجليد والثلوج والرياح الشديدة - فإن الكثير من المسافرين يهجرون وسائل النقل الأخرى ويلجأون إلى السفر بالقطار لثقتهم بطريقه الدائم الآمن لهم ولبضائعهم. وأثناء فترات الضغط المناخي على السكك الحديدية، فإن الإشارات والجسور تخضع لتأثير العناصر المناخية، بجانب مشاكل أخرى قد تحدث في حالة تأثر شبكة الاتصالات نفسها بالأحوال المناخية..

ومع أن السكك الحديدية تلعب دوراً هاماً في نظام النقل في المملكة المتحدة، إلا أنها

تعرض في كثير من الأحيان لتأثير كل من؛ الجريان المائي السطحي الشديد، والنلج الشديد التراكم، والانزلاقات الأرضية، والرؤية المنخفضة، ودرجات الحرارة المنخفضة جداً، التي تحدث الدمار والخراب في نظام السكك الحديدية. ويؤدي الطقس الجيد إلى اجتذاب مسافرين أكثر إلى السكك الحديدية، إلا أن التأثير الأكبر يكون على نقل البضائع. وفي المملكة المتحدة التي تفر فيها المياه، وتكثر الأراضي الزراعية، والتجمعات البشرية الكبيرة، تكون بحاجة كبيرة لوسائل نقل سريعة لنقل المحاصيل الزراعية ونجاج البحر إلى مراكز الاستهلاك خلال أقصر وقت ممكن للمسافة المعطاة التي تتحملها البضاعة دون أن تفسد. وفي أثناء الطقس الحار فإنه ينبغي إما استخدام التبريد أو العمل على إنقاص الزمن اللازم لنقل الملح.

الطرق البرية

يؤثر الطقس على الطرق البرية من خلال وجودها، وإنشائها، وعملها والمحافظة عليها. ففي أثناء إنشائها فإن موقع الطريق والمادة المستخدمة في إعداده لتفادي مخاطر الطقس هي الأكثر أهمية. ففي المناطق الباردة جداً، على سبيل المثال، والتي تعاني من الجليد فإنه من غير الحكمة استخدام الطريق الأسمنتي، وفي أجزاء عديدة من روسيا تستخدم الطريق كتلاً من الخشب المغروسة رأسياً لتقليل تأثير النقل الذي يحدث أثناء الاختلافات الفصلية. ولا نستطيع سطوح بعض الطرق من مقاومة تغيرات درجات حرارة السطح في فترة الصيف التي ينجم عنها تمدد وتقلص يقودان إلى التشقق والاهتراء، وتزداد تكاليف الصيانة في مثل هذه الطرق، خاصة الطرق غير المصفولة فيما إذا بقيت مفتوحة للمرور خلال الفصول المطيرة.

وفي الحالات التي يكون فيها الطقس رديئاً، فإن عوامل السلامة تنخفض؛ والرؤية المنخفضة تكون لها خطورتها على السفر بالسيارات. كما أن حوادث الانزلاق الأرضية تدعو إلى الحرص في القيادة، والرياح العالية السرعة يمكنها أن تجرف السيارات من الطرقات في الأماكن المكشوفة. أما إذا كان الطقس حسناً، فإن عدد مستخدمي الطرق سيزداد زيادة كبيرة، وقد ينجم عن ذلك إنخفاض حركة السير، وفقدان مرونة الحركة، ووقوع حوادث طرق. وفي الكثير من الطرق الجبلية - حيث التجمد الليلي - يلعب ذوبان السطح عند ارتفاع درجة الحرارة أثناء النهار إلى ما فوق حوالي ٢٧° م دوراً بارزاً، كالدور الذي لاحظناه في حال السكك الحديدية في الطقس الحار، حيث تزداد مشاكل التدهور نحو المنخفضات.

المناخ وطرق النقل والمواصلات في بيئة دلتا النيل

ليس من السهل أن نحدد بدقة تأثير المناخ على طرق النقل ووسائل المواصلات في بيئة دلتا النيل، كما هي الحال في بيئات أخرى يظهر فيها تأثير هذا العامل أكثر وضوحا. فالدلتا لا تعرف ظروفًا مناخية صعبة تقطع طرق النقل وتعرقل وسائل المواصلات كسقوط الثلج بكثرة، وهبوب العواصف الشديدة، وتراكم الضباب بكميات تزيد من إنخفاض الرؤية.

وأيا كان الأمر، فإن لحالة الجو في دلتا النيل بعض التأثير في هذا الشأن. فنظروا لأن كثيرا من طرق النقل هنا طرق ترابية، فأنها تتحول مع سقوط المطر إلى دروب من الأرواح التي تقف عائقا أمام وسائل المواصلات البرية (ماعدا السكك الحديدية) فينقطع بذلك الاتصال بين المحلات العمرانية، وبصفة خاصة الريفية منها. كما وقد تسبب العواصف الترابية التي تصاحب رياح الخماسين اضطراب حركة الطيران فوق الدلتا. حيث تقل الرؤية ويهبط مستواها مما يؤدي إلى خطورة هبوط الطائرات في مطارات الدلتا (القاهرة - الاسكندرية)، فضلا عن ذلك فإن شدة العواصف الهوائية على الجهات الساحلية في فصل الشتاء تؤثر على حركة الموانئ (الاسكندرية - بورسعيد) إذ أن بوغاز الميناء يتقلل أثناءها وتمنع السفن من الدخول إليها. ونتيجة لحالات الاستقرار انقضى تسود جو دلتا النيل في بعض أيام فصل الشتاء، فتجعله شديد البرودة ليلا، ودافئا نهارا، فيؤدي ذلك عادة إلى تكوين السحب المنخفضة والضباب في الصباح الباكر، فننخفض بذلك الرؤية. وتخلق المطارات أمام الطائرات الهابطة، كما تكثر حوادث السيارات على الطرق البرية السريعة، سواء بين المدن أو داخلها. فقد حدث مثلا مع تكون الضباب الذي استمر لفترة ثلاثة أيام فوق الدلتا (٢٩ - ٣١ ديسمبر ١٩٧٠) أن أُنعدمت الرؤية تماما، مما أدى إلى تصادم أربع سيارات على الطريق الزراعي (عند قويسنا وطوخ). وفي القاهرة تسبب هذا الضباب أيضا في اصطدام ١٠ سيارات دفعة واحدة في شارع رمسيس.

ومن جهة أخرى، فإن للظروف الجوية في دلتا النيل، بما تمتاز به من ظواهر مناخية قلما نجدها في بيئة أخرى، تعمل على تسهيل وسائل النقل والنقل النهري بصفة خاصة، فبحكم البيئة النيلية في الدلتا التي تتميز بأن أي مكان فيها لا يبعد عن فرع النيل وترعة الملاحة بأكثر من كيلو مترات قليلة، تظهر أهمية النقل النهري من حيث ربط جهاتها ببعضها البعض، ولا يتم ذلك إلا بتضافر الرياح مع تيار الماء في الفرعين، فالرياح الشمالية السائدة تساعد الملاحة ضد التيار نحو الجنوب، والنهر بانحداره من الجنوب انحدار تدريجيا (١ : ١٤,٠٠٠) يسهل الملاحة نحو الشمال.

الفصل الثامن

المناخ والسكن وبيئة الحضر

(مع التطبيق علي بيئة دلتا النيل)

الفصل الثامن

المناخ والسكن وبيئة الحضر

(مع التطبيق على بيئة دلتا النيل)

مقدمة

لقد عاش أجداد الإنسان العاقل عراة حفات معرضين لتأثير الظواهر الجوية مباشرة، ثم ما لبثوا أن شعروا بالحاجة الماسة لحماية أنفسهم من قسوة الطقس وتقلباته بعدما أخذوا بالتنقل إلى مناطق أخرى، كما أصبحوا أقل وقاية طبيعية^١. وإذا كان الإنسان في مراحل تطوره الأولى تعوزه التقنيات التي تتوفر للإنسان الحالي والتي وفرت له مسكناً يأوى إليه عون ويجد فيه جواً يتلاءم مع متطلبات جسمه، فما كان أمام الإنسان الأول سوى القبول بالمأوى الذي زودته به الطبيعة والذي كان على شكل كهوف. ولقد وجد الإنسان القديم في الكهوف ضالته، حيث أنه حماه من هجوم الاعداء من جهة والحيوانات المفترسة من جهة ثانية، كما وقاه من قسوة الطقس من جهة ثالثة.

وإذا كانت حياة الإنسان الأولى قد اضطرنه إلى العيش في مدخل الكهف لكي يحصل على كفايته من الضوء في أثناء ساعات النهار، فإنه فيما بعد اكتشف النار التي ساعدته بضوئها وحرارتها على استقرار حياته داخل الكهف، ولقد أوضح سوتون Sutton (١٩٤٥) من خلال دراسات قام فيها في مصر، كيف أن المدى الحراري اليومي يتغير من ٤٠ م في خارج الكهف إلى ١١ م عند مدخل الكهف، ليتناقص إلى أقل من ٣ م على مسافة ١٥٠ متر من مدخل الكهف. وفي المناطق الحارة فإن درجة الحرارة الخارجية المرتفعة جداً تتحول إلى درجة حرارة منخفضة مع ارتفاع في نسبة الرطوبة (تقارب من ١٠٠٪) في داخل الكهف ولقد كان سكان استراليا الأصليون يبنون لأنفسهم بيوتاً بسيطة مكونة من جذوع الأشجار ومخذة شكلاً مزوى - وليس عمودياً - كي تقلل نسبة الفاقد من الحرارة بالإشعاع الليلي. وجاء استخدام الخيام Tents لتلبية لحاجة البدو الرعاة المتنقلين مع قطعانهم تابعين الأمطار وأماكن نمو الكلا. ولقد وفرت تلك الخيام للبدو الحماية من الأمطار والإشعاع الشمسي، كما سمحت بالتهوية التي كانت تقوم بعملية التبريد وتلطيف الجو.

وما أن بدأ الإنسان في الاستقرار حتى تحول إلى المواد الطبيعية المتوفرة في بيئته، وهي أما الأخشاب أو الصخور أو الأتربة يستخدمها في بناء سكن يحمي نفسه وعائلته

حماية ملائمة لكافة فصول السنة. وعبر السنين الطوال طور الانسان نموذج بنائه من خلال وسائله المحددة آخذاً في الحسبان التطور التكنولوجي، بهدف الى الحد الأدنى من التطرفات في طقس المنطقة التي يعيش فيها، وكانت ملاحظاته الدقيقة المستمرة معيناً له في وضع التصميمات الملائمة لأماكن سكناه.

ولقد أدرك معظم مهندسي العمارة في الوقت الحاضر أهمية تأثير المناخ على المبني. فالدراسات التي قدمت في هذا الميدان تعد نقطة بداية أصيلة. وبعد أن تأكدت أهمية هذه الدراسات عقدت منظمة اليونيسكو ندوة خاصة في أثناء انعقاد المؤتمر العالمي الثالث للأرصاء الجوية الحيوية في عام ١٩٦٣ لدراسة المناخ داخل الغرفة Indoor Climate في المناطق الجافة والرطبة، وكذلك الموضوع الذي نشرته اليونيسكو (١٩٧١) والذي يركز على المناخ ودوره في تصميم المسكن وبخاصة ما يتلاءم مع المناخات الحارة.

أولاً: المناخ وتصميم المسكن

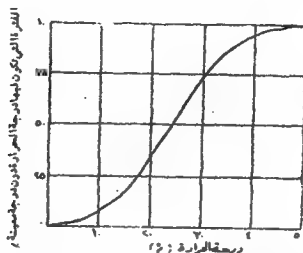
تلعب الظروف المناخية السائدة دوراً كبيراً في تحديد العديد من مظاهر المبني؛ كاختيار الموقع، ومواد البناء المستخدمة. ويمكن تلخيص المعلومات المناخية الرئيسية التي يحتاجها المهندس المعماري في أربعة عناصر مناخية هي: درجات الحرارة، التهوية، وضغط الرياح، صوة النهار، والتساقط.

(١) درجات الحرارة

لمعرفة الشحنة الحرارية على أي مبني ينبغي أن نعلم دور العناصر المتعددة المتحركة في معادلات توازن السخونة، وأن نعرف ذلك بالنسبة لفصول السنة المختلفة، وينبغي على المهندس المعماري أن يعرف درجات حرارة الهواء، والإشعاع الشمسي، والرطوبة النسبية، وسرعة الرياح، بالإضافة إلى جذبات تلك العناصر المتكررة. والعلاقات المتداخلة بين تلك المتغيرات. ولكن لسوء الحظ لا تتوافر معلومات دقيقة وذات قيمة إلا لمناطق محدودة المساحة في العالم، كما أن تلك المعلومات قد لا تتوافر على مستوى المناخ التفصيلي للمكان. وفي أثناء الممارسة العملية فإن المهندس المعماري الذي يمتلك قدراً كبيراً من المعرفة بالظواهر المناخية العامة للمنطقة وتردداتها تعطيه القدرة على فهم الكثير من الاختلافات التي ترجع الى عوامل المناخ التفصيلي في مكان ما (على موسى، ١٩٨٢).

وتعد معرفة الصفات الحرارية بالإضافة إلى الرطوبة النسبية من التفاصيل الهامة التي ينبغي معرفتها. وتبدو المشكلة هنا حول كيفية أعداد المعلومات المناخية للمهندس المعماري، ولربما تكون طريقة تمثيل درجات الحرارة والزمن في شكل بياني أفضل طريقة (شكل رقم: ٨-١) وبوجه عام ليست هذه هي الطريقة الوحيدة لأعداد المعلومات الحرارية، ذلك أنه

بالإمكان الحصول على بيانات مفيدة عن درجة الحرارة تستمد أما من المتوسط الشهري للحرارة العظمى والصغرى، أو من درجات الحرارة المتطرفة التي يمكن حدوثها في هذه المنطقة أو تلك.



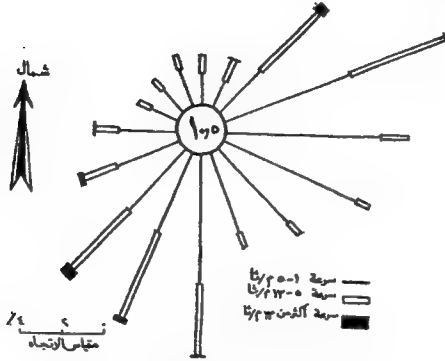
(شكل رقم ٨-١)، توزيع درجات الحرارة مع الزمن

(٢) التهوية وضغط الرياح

تقوم ورثة الرياح المركبة بتمثيل عنصرى الاتجاه والسرعة للرياح لأى شهر من شهور السنة (شكل رقم: ٢-٨). ولذا ينبغي أن تتوفر معلومات تفصيلية عن اتجاهات الرياح وسرعتها حتى يمكن إعطاء صورة واضحة عن التهوية وضغط الرياح على موقع ما. وإذا كانت المعلومات المستمدة من محطة أرصاد جوية قريبة للموقع سيتمكن المراد البناء فيه مناسبة للاعتماد عليها مباشرة، فإن المناخى بعد فحص الموقع من تقرير ما إذا كان موقع البناء يمكن توفير الحماية له من الرياح الضارة باستخدام مواد طبيعية أو من صنع الإنسان، أو أنه معرض ومكشوف إلى حد كبير لأضرار الرياح بحيث تستلزم وقايته جهود كبيرة ونفقات مادية باهظة.

وحيث أن سرعة الرياح تزداد مع الارتفاع من سطح الأرض لذا فإن على المصمم أن يدخل ذلك فى حسابه، وعليه أيضا أن يأخذ فى الحسبان أن هذه القاعدة تنطبق فقط على المناطق التى تهب فيها الرياح لفترات طويلة وحيث تكون السطوح منتظمة إلى حد ما، كما أنها لا تنطبق على المدن أو الضواحي ذات المباني أو الكثيفة. ولقد أظهرت الدراسات المتخصصة أن سرعة الرياح فى الطوابق الأولى فى مدينة مركزية مكشوفة تكون ثلث سرعتها فى الهواء الحر، لفتزايد إلى حوالى الثلثين فى الطوابق الوسطى ومناطق الضواحي، ولتتعادل السرعة فى الطوابق العليا مع سرعة الهواء الحر. ويمكن أن

نستمد من دراسة حركة الهواء فى الأراضى الغابية والفضحات الموجودة بينها الكثير من المعرفة عن حقيقة اختلاف ضغط الرياح وسرعتها مما يعطى الفرصة لاختيار موقع جيد للبناء (على موسى، ١٩٨٢).



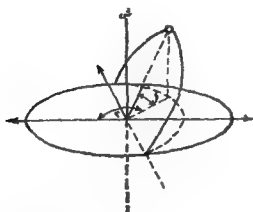
(شكل رقم: ٨-٢)، وردة الرياح المركبة، سرعة واتجاه.

ولضغط الرياح على المبنى أهمية كبيرة، فالمبنى يجب أن يصمم على أساس امكانية مقاومته للرياح الشديدة. ويتناسب ضغط الرياح طردياً مع مربع سرعة الرياح مضروباً فى العامل المعتمد على شكل المبنى. فبالنسبة لمنزل سكنى فإن ضغط الرياح الديناميكى عليه يكون حوالى ١٤ جرام/متر مربع فى حالة سرعة الرياح تقارب من ١ كيلو متر/ساعة، ويرتفع هذا الضغط الى حوالى ٢٥ كيلو جرام/متر مربع عندما تصل سرعة الرياح إلى ٥٠ كيلو متر/ساعة.

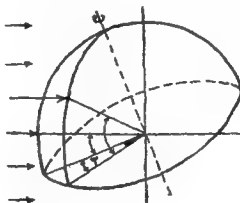
(٢) الضوء

للاضاءة الطبيعية دور لا يقل أهمية عن دور الكثير من العناصر المناخية الأخرى، إلا أنه إذا كانت فاعلية بعض العناصر - كالرياح - تتضح فى الاجزاء الخارجية من المبنى، فإن الاضاءة تتركز فى داخل المبنى. وإذا كانت المعلومات المتوافرة عن الضوء قليلة - لأن القياسات التى تقدمها محطات الرصد الجوى والتى تتحصر فى عدد ساعات شروق الشمس، وكمية الاشعة الواصلة الى السطح - لا تحقق كل ما يتطلبه المصمم. لذا فإن

الاتجاه لحل هذه المشكلة يعتمد على زاوية ميل الأشعة، والوجهة التي تأتي منها هذه الأشعة، والمدى الزاوي لتغير هذه الوجهة. وهذا يستلزم معرفة زاوية ارتفاع الإشعاع Solar Altitude^(١)، وزاوية سمت الشمس Solar Azimuth^(٢)، وزاوية الزمن Hour Angle^(٣)، وتتبع أهمية هذه الزوايا من أنها تحدد موقع الشمس بالنسبة لمكان ما على سطح الأرض مما يسهل معرفة كمية الأشعة الشمسية التي يتلقاها، وتسهل أيضاً معرفة زاوية سقوط الأشعة وكذلك معرفة المساحة المعرضة لأشعة الشمس والمظللة في الأسطح المختلفة. وباستخدام الزوايا الشمسية السابق ذكرها (شكل رقم: ٣-٨)، يمكن صنع خرائط تقدم صورة عن حركة الشمس النسبية طوال العام بالنسبة لمكان ما. كما أن معرفة زاوية سقوط أشعة الشمس على الأسطح الأفقية والعمودية لأي بناء طول النهار يسهل على المعمارى ادخال الوسائل المناسبة في تصميم المباني لحجب أشعة الشمس عن بعض أجزاء البناء أو السماح لها بالنفاذ الى الداخل. ومما لا شك فيه أن المعلومات السابقة تعطى الفرصة الكبرى للمصمم لتحديد الكثير من مواصفات البناء؛ كموقع منافذ المناور، وحجم وموقع سقف الشرفات التي تحجب أشعة الشمس العالية والتي تسمح للأشعة الأقرب الى الوضع الافقى من الدخول الى الغرفة.



٢ - زاوية سمت الشمس



١ - زاوية ارتفاع الشمس

٢ - زاوية الزمن

شكل رقم: ٣-٨)، الزوايا الشمسية

- (١) زاوية ارتفاع الشمس، هي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين نقطة على سطح الأرض ومركز الشمس، والمستوى الأفقى الذى يمر فى المنطقة المذكورة على سطح الأرض.
- (٢) زاوية سمت الشمس، هي الزاوية المحصورة بين الخط المار فى النقطة على سطح الأرض والمتجه جنوباً، وبين المسقط الأفقى للخط الواصل بين النقطة على سطح الأرض والشمس.
- (٣) زاوية الزمن، هي الزاوية الواقعة على المستوى المار فى خط الاستواء والمحصورة بين مسقط الخط الواصل بين مركزى الأرض والشمس، ومسقط الخط الواصل بين مركز الأرض والنقطة على سطح الأرض.

(٤) التساقط

لسقوط الأمطار تأثير فعال على الأجزاء الخارجية الظاهرة من المبنى، فهي تؤثر في المواد الداخلة في المبنى، كما تؤثر في الطبقة الخارجية المقاومة، وعلى مجارى الماء. وعندما تصاحب الأمطار رياح شديدة السرعة فإن تأثير الأمطار قد يصل حتى الأجزاء الداخلية من المبنى. وفي الوقت الحالى عرفت أهمية زاوية اصطدام المطر، ففي اقليم مدينة لندن تتفاوت زاوية اصطدام المطر الساقط من ٣٠ درجة عن الوضع العمودى فى الشتاء الى ١٥ درجة فى الصيف. وفي كثير من المناطق المدارية تسقط الأمطار بغزارة شديدة، وفي وضع أقرب إلى الوضع العمودى. وفي حالة معرفة اتجاه الرياح السائدة فإنه من الممكن صنع شرفات وجدران واقية تحمى جدران المنازل المكشوفة من وطأة المطر. ولقد درس ثين Thein (١٩٣٨) مدى اختراق المطر للمنازل، واستنتج العلاقة التالية:

$$Q = M \times S^2$$

حيث Q = مدى اختراق المطر، م = أقصى كمية مطر فى خمس دقائق (بالمليمتر)، س = سرعة الرياح خلال خمس دقائق (متر / ثانية).

وتبدأ الأمطار بالاختراق حينما تصل قيمة (Q) الى أكثر من ١٠٠. وتظهر هذه العلاقة أهمية غزارة الأمطار الساقطة فى فترة زمنية قصيرة كعامل أساسى، لذا ينبغى على المصمم أن يوفر وجود سقف كاف وأرض لتصرف الماء، وذلك فى حالة تجمع مقدار كبير من الماء فوق سطح التجمع؛ فمثلاً، نجد ان سقوط كمية من الأمطار مقدارها ٥ ملليمتر فوق سقف مساحته ٥٠ متراً مربعاً تعادل حوالى ٠.٢٥ متراً مكعب من الماء (٢٥٠ كيلو جرام متر).

(٥) المناخ وموقع المبنى

إذا كان المناخ العام يشمل بين ظهرائه على المناخ التفصيلى، فإن مناخ مكان ما لا يتحدد بواحد منهما فقط، بل هو نتيجة لمؤثرات المناخ العام من جهة والمناخ التفصيلى من جهة أخرى. وإذا كانت معلومات المناخ العام التى يطلبها المهندس المعماري متوافرة لكل الامكنة تقريبا، فإن معلومات المناخ التفصيلى قليلة رغم أهميتها. ومما لا شك فيه أنه فى النماذج المناخية كافة يسود المناخ العام، إلا أن المناخ التفصيلى بإمكانه أن يعدل من الاشكال المناخية العامة. وتحدث التعديلات أو التغيرات التى تصيب المناخ العام بفعل التضاريس المحلية، والمسطحات المائية، والغطاء الأرضى. فالتضاريس يمكنها أن تغير من شحنة الاشعاع على بناء ما بسبب الظل أو الانعكاس، إلا أن التأثير الرئيسى يظهر جلياً على حركة الهواء، حيث تعمل الأودية كقنوات تحدد وجهة سير الرياح، كما أنها

تعطى دفعا للحركة الهابطة للهواء، وتساعد على تشكيل بحيرات من الصقيع. وبالإضافة إلى ذلك، فإن المتحدرات المكشوفة تؤدي إلى ازدياد الجهد البنائى، كما أن الرطوبة التى تجلبها الرياح المتزايدة السرعة تكون أكثر. وإذا كانت حركة الهواء تلعب دوراً محدداً فى تعديل درجات الحرارة والرطوبة، فإن تأثيرها يكون كبيراً من حيث أنها تقوم بنقل الملوثات من مناطق بعيدة.

وينبغى أن يؤخذ قرب الموقع من المسطحات المائية الكبيرة فى الحسبان، وذلك نتيجة لوجود ظروف مناخية محلية ممثلة فى هبوب نسيم البر والبحر، وما لهذا من دور فى اختيار موقع المبنى، خاصة وأن درجات الحرارة تتعدل فى الليل كما فى النهار. والغطاء الاصطناعى للسطح المواجه لهبوب الرياح السائدة له تأثير بارز على المناخ: فعلى سبيل المثال ترفع الامتدادات الكبيرة لمادة الإسفلت أو الحجارة أو الخرسانة المسلحة كالتى تشاهد فى أماكن وقوف السيارات أو أرض المطارات أو طرق السكك الحديدية، من درجات حرارة الهواء أثناء الظهيرة التى يمكن أن تؤثر فى المواقع المجاورة.

وإذا كانت الأرضى التى تغطيها الحشائش أو التى تسود فيها الأشجار تعدل من درجات الحرارة المرتفعة فى أثناء النهار، فإن زيادة الرطوبة النسبية تخلق شعوراً ببرد ليلى رغم أن فقدان الحرارة يكون أقل مما لو كانت الأرض جرداء خالية من النبات، ومع هذا فإن درجة الحرارة الليلية فى الأرضى المعطاة بالنباتات تكون أعلى مما فى الأرضى الجرداء. وتؤثر المنشآت المجاورة فى المناخ بعدة طرق، فهى تقف فى مواجهة الأشعة الشمسية بحيث تحجبها عن بعض المواقع مما ينتج عنه آثاراً عدة فى المدينة.

(٦) التكيف (أو التعديل) بواسطة المناخ والتصميم

ذكرنا سلفاً أن موقع المبنى مناخاً خاصاً ينفرد به، والذى من الجائز أن يكون مناخاً غير مرغوب فيه. وعلى أية حال، فإن الاتجاه المنطقى نحو إيجاد مناخ تفصيلى مرغوب فيه يركز على مواد المبنى والتصميم والموقع. ورغم أخذ المبنى الفردية فقط فى الحسبان إلا أنه من الممكن أن تمتد فكرة التكيف أو التعديل المناخى هذه لنتضمن مظاهر تخطيط المدينة، كإقامة المنزهات، وتوسيع الشوارع، فما المبنى سوى مركب من المواد؛ كمواد المبنى الصلبة التى تمتص الأشعة وتعكسها أو الزجاج الذى يمتص ويعكس ويمرر أشعة الشمس. وإذا كان المطلوب هو تدفئة المبنى فإنه ينبغى أن تكون مادة المبنى من النوع الذى يسمح بدخول الأشعة الى المبنى لينم امتصاصها من قبل الجدران الداخلية ليعمل على تسخين هواء الغرفة، أما إذا كان المطلوب هو العكس أى التبريد فإنه يجب العمل على التقليل من دخول الأشعة الحرارية الى المبنى.

ولتوجيه المبنى أهمية كبرى بالنسبة للتكييف والتلاؤم المناخى والتصميم على المستوى الإقليمى. وتعد عملية توجيه المبنى على مكان معين مسألة تحتاج إلى اهتمام خاص. فالمبنى المتناظرة على جانبي شارع متعاكسين لها مناخات مختلفة، فقد يوجد فى المبنى مطبخ يكون معرضا لأشعة الشمس فى النهار، بينما الآخر يكون واقعا تحت تأثير الرياح الشمالية الباردة ولا تدخله أشعة الشمس.

ومما لا ريب فيه أن زاوية سقوط أشعة الشمس تحدد كمية الطاقة الحرارية الواقعة على هذا السطح أو ذاك، فكلما كانت الأشعة الشمسية الساقطة على سطح ما أقرب إلى الوضع العمودى ازدادت كمية الطاقة الحرارية الواقعة عليه. وفى العروض العليا تكون كمية الأشعة التى تتلقاها الجدران الشمالية قليلة، وهكذا الحال أيضا فى العروض المعتدلة، حيث نجد أن الجدران الجنوبية هى التى تتلقى معظم الحرارة الإشعاعية. فالواجهات الجنوبية تتمتع بخصائص متميزة عن غيرها من الواجهات بسبب أن شدة أشعة الشمس التى تسقط عليها لفترة أطول خلال النهار تكون أكبر، وهذا ما يظهر بصورة أوضح كلما ابتعدنا عن خطى المدارين تجاه القطبين. أما فى المناطق الاستوائية حيث تتحرك الشمس فى حركتها الظاهرية - شمالاً وجنوباً - خلال السنة، يكون الاختلاف بسيطاً فى كمية الأشعة التى تتلقاها الجدران من أى اتجاه. وفى المناطق شبه المدارية فإن أشعة الشمس الصباحية قد تكون أكثر تلطيفاً من الأشعة المسائية، حيث أن أشعة المساء تأتى فى الوقت الذى منازلت فيه درجة حرارة الهواء مرتفعة، وبذا فإنها قد تسبب زيادة فى التسخين، وتعطى شعوراً بعدم الراحة. وإذا كانت للواجهات الجنوبية للمباني فى العروض المعتدلة والعليا تلك الخصيصة التى تحدد امكانية حصول تلك الواجهات على أكبر كمية ممكنة من الأشعة الشمسية التى تساهم فى خلق الدفء، خاصة فى فصل الشتاء، فإن الأمر يتطلب التقليل من الحرارة فى فصل الصيف، وذلك يحجب تأثير الأشعة الشمسية، وهذا يمكن أن يتم ببناء مظلة فوق الحائط الجنوبى ممتدة الى الخارج بحيث تحجب أشعة الشمس أثناء الصيف ساعات طويلة، بينما لا تعرقل نفاذها الى داخل المبنى فى الشتاء. وهكذا يمكن القول أنه فى حالة تقديم تصميمات معمارية مراعية للظروف المناخية، فإنه بالإمكان الاستفادة من الموارد الطبيعية للحد ما أمكن من التكاليف الصناعية (على موسى، ١٩٨٢).

أما بما بالنسبة بحركة الهواء، فمن غير المرغوب فيه أن يكون الجانب الطويل من المبنى معرضاً للرياح الشديدة السرعة، إلا فيما يتعلق بأغراض التبريد. ولأجل الراحة، ولتقليل فقدان الحرارة فإنه ينبغى أن توفر للمداخل حماية كلما أمكن ذلك.

المناخ الداخلي للمبنى (مناخ الغرفة)

فى كل ما ذكرناه سلفا كان الاهتمام بمعالجة المناخ الخارجى للمبنى إلا أن ما يهم القاطنين هو المناخ الداخلى (مناخ الغرفة) . فقد يكون المناخ خارج الغرفة مزعجا، إلا أن مناخ الغرفة قد يكون مريحا . ويعتمد مناخ الغرفة على عدة عوامل تتضمن: المناخ الخارجى، مواد المبنى، التوجيه، حجم النوافذ وشكلها، التهوية، وكذلك الإضافات الاصطناعية الممثلة فى السخين والتبريد .

لقد قام الباحثون المخصصون بأخذ قياسات لدرجات الحرارة أثناء الظهيرة فى يوم سماء صافية لكل من الاسطح الخارجية والداخلية للجدران (جدران الغرفة) . وأظهرت تلك القياسات أن هناك، فرقا مقداره ٢٢ مئوية بين درجات الحرارة الخارجية للجدران المشعة وغير المشعة، تنخفض هذه القيمة إلى قرابة ٣ مئوية - فى الداخل - فيما بين الاسطح الداخلية للجدران نفسها . كما تبين أن الجدار القرميذى البالغ سماكته ١٠ سنتمترا يخفض المدى اليومى للحرارة فى الداخل الى حوالى $\frac{1}{4}$ ما هو عليه عند السطح الخارجى للحائط .

أما فيما يتعلق بالتكوك أو التأخير فى فترة حدوث درجات الحرارة المتطرفة داخل المبنى مقارنة مع خارجه، فأن التكوك يكون عموما فى حدود ٣-٤ ساعات . وتتطابق الفترة الأشد حرارة داخل الغرفة مع الفترة التى تقوم فيها العائلات بالطبخ وتناول الطعام مما يرفع من كمية الحرارة . وإذا ما أراد قاطن الغرفة أن يحظى بالراحة فيبغى عليه أن يحافظ على أرضية الغرفة وجدرانها دافئة، وأن يعطى أهمية لعاملى فقد الحرارة بالاشعاع والتوصيل . لذا فأن الجدران ذات السعة الحرارية الكبيرة هى الأفضل إذ أنها تحفظ درجات حرارة أعلى أثناء ساعات الليل، وهذه حقيقة مفيدة واقتصادية يستفاد منها خلال نوبات البرد الطويلة . وتفقد أرضية المبنى الاسفلتية حرارة أكثر مما تفقده الأرضية المكونة من الخرسانة (الاسمنت المسلح) ، بينما تكون الأرضية المكونة من خشب صلب حافظة جيدا للحرارة . وإذا كانت الأرضية الطينية والجدران المكونة من الطوب اللين تمنح جو الغرفة مميزات متمثلة فى الحفاظ على درجات حرارة معتدلة، فأن الجدران الاسمنتية لانخفاض سعتها الحرارية مقارنة مع الجدران الطينية تجعل التطرفات الحرارية داخل الغرفة واضحة بشكل بارز . وكلما ازداد سمك الجدران ازدادت كتلتها وكبرت سعتها الحرارية، لهذا فأن الجدران السمك تفضل على الجدران القليلة السمك . وفى الوقت الحالى شاع استخدام مواد عزل حرارية خاصة توضع أما فى داخل الجدران أو عند خارجها للابقاء على جو غرفة داخلى مقبول . كما أن لون الطلاء المستخدم لأسطح الجدران الخارجية له دور فى تحديد كمية الحرارة الممتصة والمنقولة إلى اسطح

الجدران الداخلية، فالطلاء المائل للسواد قدرته الامتصاصية أكبر من قدرة الطلاء المائل للبياض. كما أن استعمال النوافذ ذات الزجاج المزدوج (طبقتين من الزجاج) مع وجود مسافة قليلة بين طبقتي الزجاج كغيل بتقليل الحرارة المنقولة بالتوصيل، ذلك لأن الهواء ناقل ردي للحرارة. وتعد التهوية الكافية ضرورة هامة في الغرف كافة. ويكون الهواء - في الغرف - منطبقاً حرارياً حسب كثافته، حيث يكون الهواء البارد عند مستوى الأرض والهواء الحار بالقرب من السقف، وفي حال القيام بأي تهوية طبيعية - عبر النوافذ - أو اصطناعية - بواسطة المراوح - فإن الهواء يميل نحو الاستقرار منطبقاً حسب كثافته.

التسخين والتبريد

من غير الممكن في دراسة التسخين والتبريد دراسة المباني جميعها معاً، بل من الأفضل تقسيمها الى نوعين هما: المباني العامة التي يمكن أن يحتشد فيها عدد كبير من المترددين والعاملين، والمباني الخاصة.

ورغم الأزمة الحالية للطاقة، فإن المشاكل المناخية في المباني العامة الكبيرة تعتمد في حلها على بناء مفسوره كبيرة بنوافذ أو دون نوافذ تستخدم فيها الاضاءة الاصطناعية والتكييف الهوائي الذي يوفر أجواء مثلى للعاملين والمترددين الذين يمتكون فيها. ولهذه الطريقة محاسن اضافية في المدن الكبيرة، فالنقص في النوافذ المفتوحة يقلل من تلوث الهواء داخل المبنى، وبالتالي فإن الاشخاص يستنشقون هواء نظيفاً ونقياً. وبهذه الطريقة يمكن توفير ظروف مثلى للعمال في أماكن عملهم مما يعمل ذلك على زيادة في الانتاج. غير أن تكلفة التكييف الهوائي المرتفعة يمكن أن تكون أكثر من التعويض إلا أن هناك بعض الآثار النفسية السيئة على العمال في تلك المجمعات البنائية الكبيرة الخالية من البيئة الخارجية (على موسى، ١٩٨٢) ..

وعلى الرغم من أن وجود أجهزة التبريد والتسخين أصبح ضرورة لكل بناء في أماكن معينة، غير أن التكلفة المبدئية والجارية يمكن أن تخفض بالاستفادة من المعطيات الاساسية لطواهر الجو التفصيلية. فعلاً، استعمال مصدات الرياح توفر الحماية للبناء من تأثيرات الرياح الشتوية الباردة، بينما تستطيع الاشجار العالية أن تظلل مساحات كبيرة من سطح السقف والجدار. وفي انجلترا الجنوبية حيث موجات البرد الشديدة المصاحبة عموماً لرياح شرقية، فإن إيجاد حزام واق من الأشجار أو السياج الى الشرق من المبنى يمكن أن يبرهن على الفائدة العظيمة منه. وفي تكساس بالولايات المتحدة حيث الرياح الباردة تهب من الشمال فإن الحزام الواقى يأخذ وجهة شرقية وغربية.

أما بالنسبة للمباني الخاصة فمن الضروري العودة الى مفهوم التصميم المعتمد على أخذ الظروف المناخية في الحسبان، بجانب الاسلوب المستعمل في اعداد وتنفيذ التصميمات في السنوات الحديثة. فطبيعة المواد الداخلة في المبنى، والتهوية الطبيعية، ووسائل التظليل، والفسحات الارضية كلها أمور هامة ذات فائدة محسوسة، فمثلاً تشكل حافات النوافذ البارزة للحارج والشرفات حواجز تحجب أشعة الشمس القريبة الى الوضع العمودي عن داخل الغرفة، لكنها تسمح بدخول أشعة الشمس المنخفضة عند الصباح والمساء في فصل الشتاء. وإذا كان الأمر كذلك فإنه من الممكن القول أن درجات استمرارية المحصورة بين ١٣ - ٢٨ مئوية في الهواء الخارجى يمكنها أن تؤدي إلى وجود ظروف جوية جيدة في داخل الغرفة (على موسى، ١٩٨٢).

ويزداد الصعوبة عند معالجة السكن في أحياء ذات الكثافات السكانية المرتفعة، بسبب أن نماذج التهوية الطبيعية تتغير بشكل سريع. ويزداد المشاكل الناجمة عن القوانين المحلية المحددة لدخول الضوء، وسعة المبنى. ويجب أن تستفيد المباني من الحماية الناجمة عن نمو النباتات، كالأشجار الظليلة والأعشاب التي تقلل من الأشعة المنعكسة.

ولتقدير كمية استهلاك الوقود في المباني يمكن استخدام مفهوم درجة التسخين اليومية (Heating Degree - Days)، وتعتمد هذه الطريقة البسيطة على حساب الفرق بين المتوسط اليومي لدرجة الحرارة (ح ي) ودرجة الحرارة ١٨ مئوية التي تعد الدرجة التي يستوجب عندها البدء بالتسخين، أو هي بمعنى آخر صفر التسخين. وهناك ارتباط وثيق جداً بين استهلاك الوقود وقيمة درجة التسخين اليومية، إلا أن فاعلية التقديرات التي تحدد الحاجة للتسخين تتغير حسب حالة الجو، فقد تكون تقديرات مبالغاً فيها. ففي حالة الطقس في أحد الأيام التي تتصف برياح شديدة السرعة وسيلة حمل حرارة بعيد عن المباني فإن التقديرات تكون أقل من القيمة المفترضة، أما في حالة الأيام المشمسة بشكل جيد فإن تقديرات استهلاك الوقود الناجمة عن اتباع هذه الطريقة قد يحدث فيها مغالاة، ويعزى ذلك الى ارتفاع درجات الحرارة بفعل الأشعة الساقطة على المباني المعرضة لها. وهناك مفهوم مشابه يعرف باسم درجة التبريد اليومية (Colling Degree - Days) والتي تستخرج من العلاقة (ح ي - ١٨)، وتحدد هذه الدرجة مدى الحاجة لتبريد المباني حتى تصل الى مستوى الراحة. وفي حالة أن يكون متوسط درجة الحرارة اليومية دون ١٨ مئوية فليس هناك حاجة للتبريد، والعكس صحيح (على موسى، ١٩٨٢).

وبالامكان استخدام الطاقة الشمسية لتسخين وتبريد الجو الداخلى للمبنى، وهذا يتطلب تحويل الطاقة الشمسية الى أحد أشكال الطاقة، حرارية كانت أم كهربائية. ولتحويل

الأشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية لأبد من استعمال ما يعرف بالمجمعات الشمسية Solar Collectors أو السخان الشمسي، التي مهمتها التقاط الطاقة الشمسية الساقطة عليها وتحويلها إلى طاقة حرارية يتم نقلها إلى أحد السوائل - كالماء أو غيره - لاستخدامها في تلبية متطلبات المبانى، ولأجل رفع كفاءة المجمع الشمسي يجب رفع كمية الطاقة المكتسبة وخفض كمية الطاقة المفقودة بالحمل والتوصيل والأشعاع. وتعد المجمعات الشمسية المسطحة أكثر أنواع المجمعات شيوعاً وخاصة في المجالات التي تتطلب درجات حرارة لا تزيد على ١٠٠ مئوية.

ويمكن تحديد الاستخدامات الحرارية للطاقة الشمسية في المجالات المنزلية فيما يلي:

أ - تسخين المياه: يعد تسخين المياه بالطاقة الشمسية من أكثر التطبيقات الحرارية للطاقة شيوعاً بعد أن شاع استخدام السخانات الشمسية في معظم دول العالم، منها العديد من الدول العربية. ويتكون نظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية من مجمع شمسي مسطح وخزان مياه وأنباب توصل بين الخزان والمجمع.

ب- التدفئة: تتم التدفئة بالطاقة الشمسية عن طريق ضخ الحرارة المكتسبة في المجمعات إلى داخل المبنى السكنى أو غيره، ولتحقيق ذلك لابد من استخدام بعض الأجهزة.. وهناك نظامان للتدفئة بالطاقة يستخدم أحدهما الهواء، بينما يستخدم الآخر الماء، ففي نظام التدفئة بالهواء يتم تسخين الهواء في المجمعات الشمسية ومن ثم دفعه إلى داخل المبنى بواسطة مروحة. أما أنظمة التدفئة بالماء الساخن فلا تختلف عن أنظمة تسخين المياه المعتادة.

ج- التبريد: ويتم عن طريق ضخ الحرارة من داخل المبنى إلى الخارج، وذلك باستخدام أجهزة تقوم بذلك. والأسلوب الشائع لضخ الحرارة هو دفع هواء بارد إلى داخل المكان ليقيم بنقل الحرارة إلى الخارج مباشرة. وتستخدم الطاقة الكهربائية المحولة من الطاقة الشمسية في تشغيل أجهزة الضخ والقيام بعمليات التكييف.

التصنيف المناخي للمساكن

يتصف كل إقليم مناخى بنمط معين من المساكن السائدة فيه والمتوافقة مع الظروف المناخية المميزة له، بحيث يمكننا تمييز الأقاليم التالية:

مساكن الأقاليم المدارية

يمكن تمييز خمس مناطق مناخية - سكنية رئيسية فيما بين المداريين:-

(١) المنطقة الحارة الرطبة: لا يتطلب الإنسان في هذه المنطقة إلا أقل ما يمكن من الملابس. وعليه أن يستفيد من الرياح التي تطف الجوّ، كما ينبغي عليه تنظيم منزله

بحيث يحدث الاشعاع فى الليل تجاه السماء الباردة، وفى النهار يكون المنزل محميا من الاشعة. وفى معظم أجزاء المنطقة الحارة الرطبة ينمو غطاء نباتى غابى كثيف، وقد قام الإنسان بتعرية بعض المناطق من غطائها النباتى لكى يتمكن من بناء منزله الخشبي الذى يرفعه عن الأرض الشديدة الرطوبة بواسطة أعمدة خشبية بغية توفير الحماية من الحيوانات المتوحشة والحشرات المؤذية (انظر الشكل رقم: ٤-٨).

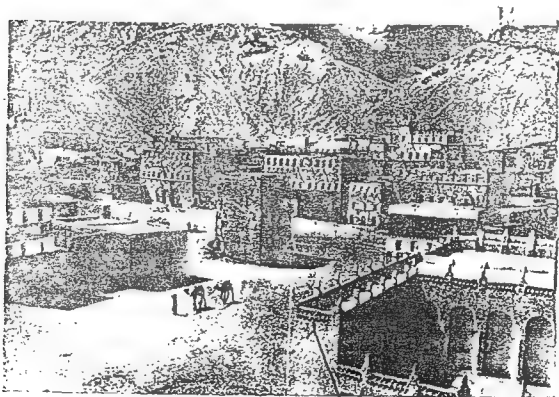


(شكل رقم: ٤-٨) شكل المسكن فى المناطق الرطبة الحارة والجزر المدارية

(٢) الجزر المدارية، ويشبه نمط المسكن فيها ذلك الموجود فى المنطقة الحارة الرطبة، غير أن الأرض تكون هنا مكشوفة أكثر، ونسيم البحر يتردد بكثرة، لذلك صممت جميع المساكن بحيث تستفيد استفادة كاملة من هذا النسيم البارد الطويل. وغالباً ما يستعمل اخيزران الخفيف فى صنع النوافذ مما يساعد على رفع وخفض مصراع النافذة بسهولة

أثناء سقوط الأمطار الغزيرة. ويتألف المسكن عماما من غرفة واحدة متسعة كى تستفيد بشكل جيد من الرياح، ولقد رفعت الساكن عن سطح الأرض لنفس أسباب رفعها فى المنطقة الحارة الرطبة من جهة، ولكى تستفيد من السرعة الزائدة للرياح التى تحدث من الارتفاع المتزايد من جهة أخرى .

(٢) المنطقة الحارة الجافة: ينبغي توفير الحماية فى هذه المنطقة للوقاية من الأشعة، حيث يكون الاشعاع الشمسى شديداً. ويستعمل عادةً فى المبنى القرميد الطينى المجفف لعازليته الجيدة للحرارة. وتبنى المنازل من عدة طوابق حتى تلتقط النسمات العلية، وتظل المستويات الاخفض. وغالباً ما يخرج أفراد العائلة الى سطح السقف العلوى فى الليل لينعموا بالتبريد الاشعاعى والرياح الباردة. ويجب أن يراعى فى التصميم مدى إمكانية، الحفاظ على درجة حرارة معتدلة أثناء النهار، وذلك باستخدام التظليل والنوافذ الصغيرة والسقوف والجدران البيضاء (شكل رقم: ٥- ٨)، ومن المرغوب فيه أن يحجب السقف خلال النهار، غير أنه ينبغي أن يكون السياج المقام حول المبنى مفتوحاً بشكل مناسب بالعديد من الفتحات لكى يستفاد من نسيم الليل. وتقوم النوافذ الصغير بدور الرأى من ضريات العواصف الرملية والتجارية فى حال حدوثها.



(شكل رقم، ٥- ٨): مسكن المناطق الجافة الحارة

(٤) منطقة السافانا، وتجمع هذه المنطقة بين صفات المنطقة الأولى والثانية، ومناخها يتدرج ويتبدل خلال السنة في تنابع منتظم. والغطاء النباتي المميز هو الحشائش، بالإضافة إلى وجود الأشجار والشجيرات أحياناً والتي تشكل مواد بناء رئيسية. وعادة ما تكون المساكن مصنوعة من الطين والعشب، وتقام تحت ظل شجرة لتحميها من شدة الأشعاع الشمسي، وغالباً ما تحاط تلك المساكن بسياج من الشوك لحمايتها من الحيوانات المفترسة (شكل رقم: ٦-٨)، وفي أماكن كثيرة تستعمل الجلود أيضاً في المبنى.

(٥) مناطق المرتفعات: على الرغم من تناقص درجة الحرارة مع الارتفاع، إلا أن الإنسان يشعر بقسط قليل من عدم الراحة بسبب شدة درجة الحرارة بعد الظهيرة. وتتمثل المشكلة هنا في إمكانية جذب الهواء البارد الليلي عن المسكن، ولذا تزود المساكن بطبقة عازلة، وتحمي من الرياح السائدة. كما أن الأشعاع الأرضي الليلي الذي يزيد من البرودة شيء غير محبب، لذا يجب أن يخفّض قدر المستطاع.

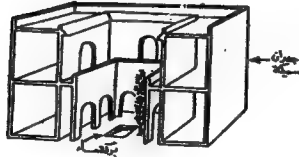


(شكل رقم: ٦-٨)؛ شكل المسكن في إقليم السافانا

مساكن الأقاليم شبه المدارية

ويمكن تمييز ثلاث مناطق رئيسية هي: أ- منطقة البحر المتوسط؛ ب- منطقة السواحل الشرقية للقارات؛ ج- الصحارى، وفي هذه المناطق جميعا يكون التسخخين الشمسى كبيراً جداً فى الفترة التى تكون الشمس فيها أقرب ما يكون الى الوضع العمودى، ولذا تستخدم الظلال والسطوح البيضاء.

أ - منطقة البحر المتوسط، فى هذه المنطقة التى يعتقد بأنها واحدة من أفضل مناطق الأرض للسكن البشرى، حيث تكثر الأخشاب والحجارة الصالحة للبناء. وتنصف هذه المنطقة بصيف حار جاف، لذا فإن الحجر المستعمل يجب أن يكون ذا عازلية جيدة لاشعة الشمس الساخنة. وتشابه هذه المنطقة مع المنطقة الحارة الجافة المدارية فى أن فصل الصيف حار فى كليهما، ومع ذلك فهناك حاجة لتأمين الحماية من الشتاء البارد والأمطار التى تسقط فيه. وفى هذه المنطقة تحتوى المساكن القديمة غالباً على ساحات مكشوفة، لأن الشمس ان لم تكون فى السمى لا ترسل أى اشعاعات مباشرة إلى تلك الساحات، ومع ذلك يحدث اشعاع ليلى من تلك الساحات باتجاه السماء. ويتميز هذا الجزء من المسكن بمناخ أكثر اعتدالاً، ويتم التبريد غالباً باستخدام النافورات أو الماء الجارى فى المساكن المهيأة جيداً لذلك. ومن المهم أن نشير الى أن سطح السقف الذى كان بمثابة بقعة تجمع لأفراد العائلة فى ليلالى الصيف حل محله رصيف أو شرفة (بلكونة) ذات فاعلية أقل (شكل رقم: ٧-٨).



(شكل رقم: ٧-٨)، شكل المسكن فى منطقة البحر المتوسط

ب- منطقة السواحل الشرقية: تحصل هذه المنطقة على كمية من المطر أكبر مما تحصل عليه منطقة البحر المتوسط في غرب القارات، ولذلك يجب أن يكون المبنى أكثر متانة لكي يؤمن الحماية من الأمطار المتبخرة. ويكون الاشعاع الشمسي أقل شدة في منطقة السواحل الشرقية مما هو عليه في منطقة السواحل الغربية للقارات ويعزى ذلك إلى كثرة السحب والتساقط في فصل الصيف، إلا أن الحرارة الشديدة تجعل التكيف الهوائي مرغوباً فيه في منطقة السواحل^{١٠} ريفية.

ج- منطقة الصحاري: الصحاري شبه المدارية من أشد مناطق سطح الأرض حرارة، ونباتاتها قليلة جداً ومتباعدة عن بعضها. ولذا كان على البدوي أن يستعمل جلود الحيوانات ليوفر الحماية لنفسه. والخيام هي مسكن البدوي، تلك الخيام التي يتم رفعها من أحد جوانبها كي تستفيد من هبوب أي نسمة عواء (شكل رقم: ٨-٨).

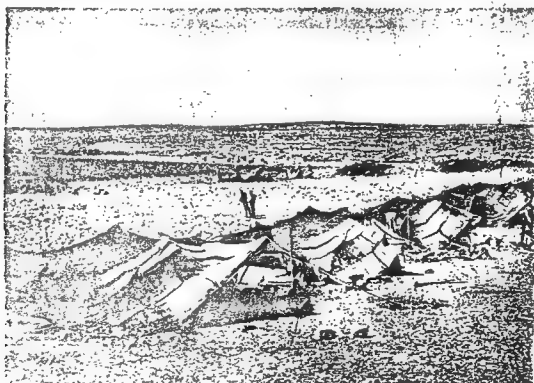
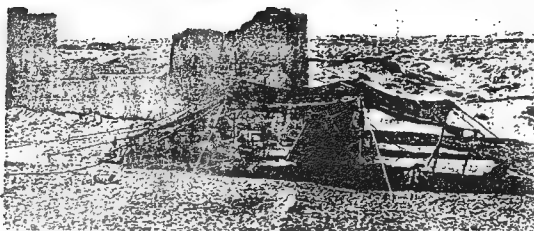
مسكن الأقاليم المعتدلة الباردة

عادة ما تكون المساكن صغيرة في هذه المناطق حتى تحتفظ بالحرارة. والأخشاب والحجارة تتوافران بكثرة، كما كان القش يستعمل قديماً في السقف بسبب عازليته الجيدة. وفي هذه المناطق والتي تليها، تقوم النوافذ ذاج الزجاج المضاعف والأبواب المضاعفة بالتقليل من فقد الحرارة بالتوصيل. وإذا كان توافر الأشعة الشمسية بكثرة في هذه المناطق يخلق مشكلة، إلا أنه من الضروري أن تصمم المساكن بحيث يتاح لها الاستفادة من هذه الأشعة. وإذا كانت تلك المساكن بغني عن أشعة الشمس الساطعة في بعض الأوقات فمن الممكن استعمال الساتر عندها (على موسى، ١٩٨٢).

مسكن الأقاليم الباردة

تبنى المساكن في المناطق الغابية من الخشب، وتتخذ السقوف وضعاً شديداً الانحدار لمنع تراكم كميات كبيرة من الثلج على المبنى (شكل رقم: ٨-٩) ويعد تراكم الثلج مشكلة حقيقية في المناطق الباردة، ذلك أن كمية من الثلج بسماكة ١٠ سنتيمتراً فوق سطح سقف مساحته ٤٠ متراً مربعاً تحدث ضغطاً يوازى ضغط وزن مقداره ٣٠٠ كيلو جرام على عوارض السقف الخشبية. وللسقف طاقة قصوى على حمولة الثلج فإذا ما تعددت كمية الثلج قدرة السقف فلا بد له عندئذ من الانهيار.

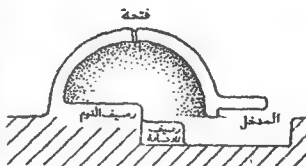
ويعد مسكن الاسكيمو نموذجاً من مساكن المناطق الشديدة البرودة (التندرا). فهو يبنى في شكل دائري قطره قريبا ثلاثة أمتار، ويبنى من كتل الثلج أو من الواح الحجر والخشب أو من اضلاع الحوت مغطاة بجلد فيل البحر، ومغلف بالثلج أو التراب على أنها مواد عازلة. ويكون رصيف النوم مرتفعاً قليلاً ومغطى بجلود الحيوانات، فالجلد الأخفض يحتوى على شعر سفلى حتى يمنع القاعدة الثلجية من الذوبان. ويتخذ المدخل شكل نفق يوجد تحت رصيف النوم. وعند إحدى الجوانب داخل البيت يوجد أرضعة من أجل الإنارة، والحرارة المأخوذة من تلك الأشياء ستضاف إلى حرارة الجسم (شكل رقم: ١٠-٨).



(شكل رقم ٨-٨): خيمة صحراوية



(شكل رقم ٨-٩)، شكل مسكن المنطقة الباردة



(شكل رقم ٨-١٠)، شكل مسكن الاسكيمو وهو ما يعرف بالايجلو Igloo

ويعيش بعض الهنود الأمريكيين فى مساكن رديئة لا تتناسب مع نموذج المناخ البارد السائد. وفى سيبيريا يستعمل السكان الاصليون أحياناً خيمة جلدية مدورة، مع صندوق مستطيل الشكل من الجلود فى داخلها على أنه مكان للنوم. وتسبب حرارة البيئة الخارجية العفن الفطرى على الجلود مما يستوجب استبدالها عندما تتعفن (على موسى، ١٩٨٢).

ثانياً: المناخ وبيئة الحضر أو المدن

يعد تزايد السكان السريع إحدى المشاكل الرئيسية بالنسبة للجنس البشرى فى الوقت الحالى. هذا التزايد سيقود طبيعياً إلى ارتفاع نسبة التحضر، لأن الكثير من البشر يهجرون الأرض والبيئة الريفية متجهين نحو المناطق المدنية والصناعية بحثاً عن العمل وظروف الحياة الأفضل. وتشير التقديرات إلى أن عدد السكان الذين كانوا يعيشون فى مدن عدد سكان الواحدة منها يزيد على ١٠٠ ألف نسمة لم تزد نسبتهم على ٢٪ من مجموع سكان العالم فى عام ١٨٠٠ لترتفع هذه النسبة فى أواخر القرن العشرين إلى قرابة ٢٥٪، وإن كانت فى بعض دول العالم أكثر من ذلك بكثير. وفى إنجلترا وويلز تصل نسبة سكان المدن إلى ٨٠٪، وفى الولايات المتحدة تصل إلى ٧٠٪. ومما لا ريب فيه أن التركيز المدنى للسكان، والتقدم العلمى والتطور التكنولوجى الذى هو سمة مميزة للعصر الحالى، قد خلقا إختلافات كبيرة بين بيئة المدينة وبيئة الريف، وهذا يعنى وجود بيئة مدنية تنصف بنظائرها المائى والجوى المتميز.

الخصائص الطبيعية لبيئة المدن

تتميز الخصائص الطبيعية لبيئة المدن بتعديلها كما أن الوسط البيئى الوسط البيئى لها يتبدل بفعل التوطن السكانى المتزايد فى المدينة. ويعد تلوث جو المدينة أحد أهم التغيرات التى تظهر على الوسط البيئى الطبيعى، فمعد التلوث وظاهرة التلوث تحظى باهتمام كبير، وفى عام ٦١ بعد الميلاد أشار الفيلسوف الرومانى سينكا Seneca إلى جو روما الملئ بالدخان والابواخ المؤذية للصحة. وفى العصور الوسطى حيث المناطق المدنية الكبرى لم يكن يزيد عدد سكان الواحدة منها على بضعة عشرات الألوف (مدينة لندن حوالى ٥٠٠٠ نسمة فى القرن الرابع عشر، وكانت على الأقل أكبر بأربعة أضعاف من أى مدينة انجليزية أخرى) فإن مشاكل التلوث كانت واضحة المعالم (على موسى، ١٩٨٢).

ويعكس أى تغير فى المظهر الطبيعى العام لسطح الأرض بفعل أشكال العمران المختلفة وتخطيط المدن وحركات السكان فيها والأنشطة الاقتصادية الممارسة بها، خاصة المعامل والمصانع ووسائل النقل، على الظواهر المناخية، فطوبئة الجو فى المدينة تختلف عما هى عليه فى الريف، كما تختلف درجات الحرارة والعناصر المناخية الأخرى. ويمكن أن نصف التغيرات الطبيعية الأساسية التى تخلقها مدينة كبيرة فى ثلاث تغيرات هى؛ تغيرات مائية، وتغيرات حرارية، وتغيرات فى حركة الهواء.

(١) التغيرات المائية

تعد كمية المياه الجارية على السطح في المناطق الريفية نتيجة سقوط الأمطار محدودة، بفعل امتصاص التربة - ذات الطبيعة المنفذة - لجزء كبير من المطر الساقط. بينما نجح الإنسان في المدن بوجه عام في خنق حالة عدم نفوذ لقراءة ٥٠ ٪ من المساحة، وذلك بالإنشاءات المدنية التي أقامها، والمواد التي استخدمها في ذلك، والتي تمنع تسرب الماء إلى داخل التربة. فالشوارع الأسفلتية، وممرات المشاة الجانبية، واسطح المباني، وأفتيتها، ومناطق المساحات الكبرى، أسهمت في نسبة زيادة الجريان السطحي للمياه الساقطة، حتى ولو كانت كمية المطار قليلة فإنها ستنتصب على السطح في المدينة. والمثال التالي يوضح ذلك؛ ففي منطقة ساحة أبعادها ٣٠×٣٠ متراً، فإن كمية أمطار مقاديرها ١٠ ملليمترًا على ٩ متر مكعب من الماء، ومثل هذه الكمية يمكن أن تؤدي إلى حدوث فيضانات فيما لو نقلت بتركيز بعيداً، بحيث تتلقى أيضاً مقادير مماثلة من الماء في طريقها. وحتى مزاريب الاسطح فإنها تصوق مقادير كبيرة من الماء لتذهب إما إلى البالوعات (مجارى انصرف الصحي Sewers) أو لتتركز في بعض المناطق الصغيرة من الحديقة. وهناك تغير آخر يحدث بفعل انتقال الماء نحو الجو عن طريق التبخر. فبالنسبة للأسطح المرصوفة تبقى جافة لفترات أطول من مناطق التربة الريفية والأراضي المغطاة بالنباتات، إذ أن المناطق الريفية تمد الهواء ببطنٍ بالرطوبة، ولذا فإن كمية الرطوبة التي يتلقاها الجو عقب سقوط الأمطار مباشرة تكون أقل في الريف منها في المدينة. فالأسطح المرصوفة نتيجة التصريف السطحي الكبير والسريع والتبخر السريع أيضاً لكميات قليلة المتبقية من الماء بأنها تصبح جافة بعد لحظات محدودة من سقوط الأمطار. وهذا بالطبع له انعكاسات عدة يمكن حصرها في ثلاث عناصر مناخية؛ فالحرارة المستخدمة في التبخر أقل في المدينة وهذا ما سيحافظ على حرارة في المدينة أكبر من الريف، كما أن الرطوبة المطلقة تكون أقل في المدينة من الريف، وجزئيات الغبار والجسيمات الجافة المتوفرة في المدن يزيد من انتقالها إلى جو المدينة بحركة وسائل النقل والمشاة.

(٢) التغيرات الحرارية

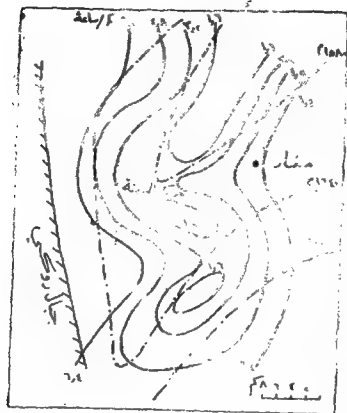
نتمتع سطوح المدينة كمية من الاشعاع الشمسى أكبر مما تمتصها السطوح الريفية المجاورة لها، ذلك أن النسبة الكبرى من الأشعة المنعكسة في المدينة ترتد مرة ثانية نحو الأسفل بواسطة الجدران المرتفعة والسقوف القائمة اللون. كما أن سطوح المدينة الاسمنتيه لها قدرة توصيل حرارية كبيرة وسعتها الحرارية كبيرة أيضاً، مما يجعلها تخزن الحرارة في أثناء النهار وتطلقها في أثناء الليل. بينما نجد في المناطق الريفية المغطاة بالاعشاب أو أية نباتات أخرى - التي تقوم بدورٍ مستار عازل - أن درجة الحرارة أثناء النهار والليل تكون أقل مما في المدينة بسبب التبخر والتبخر / النتح.

وبالإضافة إلى الكمية الكبيرة من الحرارة الاصطناعية المتولدة في المدينة، من مكيفات الهواء، يكون في شتاء العروض المغطلة والباردة المصدر الرئيسي للحرارة في بعض المدن وسائل التدفئة والحرارة التي تطلقها المصانع... وليست الحرارة المستمدة من الشمس. وتشير التقديرات في المدن الألمانية الكبرى أن كمية الحرارة التي تتولد من عمليات الاحتراق تعادل ١٥ - ٣٠ وحدة حرارية سنتمتر مربع/يوم، بينما الكمية المستمدة من الإشعاع الشمسي المباشرة تكون ٥٢ وحدة حرارية/ سنتمتر مربع/يوم وذلك في شهر ديسمبر، وأكثر من ٥٠٠ وحدة حرارية/ سنتمتر مربع/يوم في يونيو. ففي هامبورج - قبل عام ١٩٥٦ - كان معدل الحرارة الناتجة عن احتراق الفحم في شهر ديسمبر قرابة ٤٠ وحدة حرارية/ سنتمتر مربع/يوم، مقارنة مع الحرارة المتولدة من الإشعاع المباشر والجوى والبالغة ٣٥ وحدة حرارية/ سنتمتر مربع/يوم. ولقد أوضحت الدراسات التي أن عمليات الاحتراق في مدينة نيويورك خلال فصل الشتاء تغطي كمية من الحرارة أكبر بمرتين ونصف من حرارة التسخين الشمسي، غير أن هذه الكمية تنخفض في فصل الصيف إلى السدس فقط. ويوجه عام فأن كامل الحرارة المنتجة في المبنى لابد لها أخيراً من أن تنتشر إلى خارج المبنى - رافعة من درجة حرارة الوسط المجاور -، كما أن السيارات تضيف كميات كبيرة من الحرارة، وحتى الحرارة الناجمة من الاحتراق الذاتي في الإنسان تشكل مصدراً من مصادر التسخين في المدينة.

وفي مدن الأقاليم المدارية، فأن كمية الحرارة المنتجة بفعل الإنسان وأنشطته المختلفة تقارب من ١٠٪ من كمية الحرارة الناتجة من الإشعاع الشمسي في فصل الشتاء، إلا أن هذه النسبة تنخفض كثيراً في فصل الصيف، حتى لنجد أن التكييف الهوائي يقوم بإطلاق كميات لا بأس بها من الحرارة خلال هذه الفترة (على موسى، ١٩٨٢).

(٢) التغيرات الهوائية

تختلف حركة الهواء قرب السطح في المدينة عما هو عليه في الريف، ذلك أن خشونة السطح تلعب دوراً في ذلك. فازدياد الخشونة في المدينة تؤدي إلى التقليل من سرعة الرياح (شكل رقم: ١٦-٨). فسرعة الرياح التي تصل إلى قرابة ٩٥٪ من سرعة الهواء الحر عند ارتفاع ٢٠٠ متراً فوق الريف المتوسط، تبلغ نفس السرعة عند مستوى ٣٠٠ متراً فوق الأراضي الشجرية، لكنها لا تصل إلى السرعة نفسها حتى تبلغ مستوى ٣٠٠ متراً فوق المدينة. ولقد دل العديد من الدراسات إلى أن الخشونة تزداد بنسبة طردية مع زيادة سعة امتداد المبنى ومع مربع ارتفاعه، لكنها تتناسب عكسا مع الحجم الذي يحتله المبنى.



(شكل رقم ١١-٨) سرعة الرياح (كيلومتر/ساعة) في مدينة دنشروما حولها

خلال الفترة من الساعة ٢٠٢ صباحاً من ٣ شباط ١٩٦٥

ومما لا ريب فيه أن انخفاض سرعة الرياح وازدياد فترات هدوء الهواء سبب أساسي في تمركز الملوثات الجوية في المدن. كما وتبرز في مناطق المدن المنخفضة الرئيسية ظاهرة اقنية الهواء المتدفق بشكل يشبه جريان الماء ضمن قنوات أودية محددة الجوانب إلى حد ما، وهذا ما يزيد من حالات الاضطراب ويخلق بعض الحركات الهوائية الدرامية. بل ويحدث أيضاً أن سرعة الرياح في بعض الأماكن قد تكون أكبر من سرعتها في المنطقة الريفية المجاورة والمكتشفة.

وبعلى الرغم من قلة الدراسات عن حركة الهواء في المدن، إلا أنه من المعروف أن سرعة تدرج على جانب الحد، المعاكس للرياح أقل بكثير من سرعتها على جانب الحدار لمواجهة للرياح، حيث تصل إلى قرابة نصف السرعة. وتلعب الأشجار على طول جانبي الطريق دوراً هاماً في تقليل سرعة الرياح. وفي حركة وانسياب الهواء غير المتوافق مع امتداد الممرات تحدث الماهرة الدوامات الهوائية بكثرة (على موسى، ١٩٨٢).

مناخ المدينة

تسبب المدينة العديد من التغيرات في العناصر المناخية، والجدول التالي يوضح تلك التغيرات.

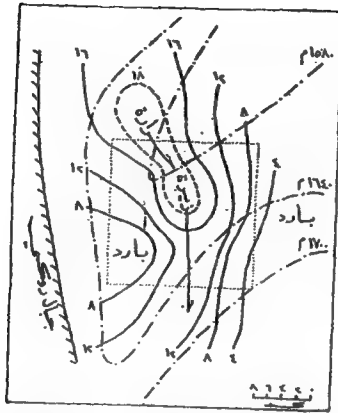
العنصر المناخي	الخصائص	الحالة في جو المدينة مقارنة مع جو الريف
الإشعاع	فوق سطح أفقى أشعة فوق بنفسجية	- ١٥ ٪ - ٣٠ ٪ في الشتاء، - ٥ ٪ في الصيف.
درجة الحرارة	المتوسط السنوى المغطى في فصل الشتاء طول الفترة الحرة من الصقيع	+ ٠,٧ م + ١,٥ م + ٢ إلى ٣ أسابيع
سرعة الرياح	المتوسط السنوى هبوب العواصف الشديدة تردد حالات السكون	- ٢٠ إلى - ٣٠ ٪ - ١٠ إلى - ٢٠ ٪ + ٥ إلى ٢٠ ٪
الرطوبة النسبية	المتوسط السنوى المتوسط الفصلى	- ٦ ٪ ٢٠ ٪ في الشتاء، - ٨ ٪ في الصيف
السحب	كمية السحب الغمام	+ ٥ إلى ١٠ ٪ + ١٠ ٪ في الشتاء، + ٣٠ ٪ في الصيف
التساقط	كمية التساقط عدد الأيام التى تكون كمية التساقط فيها أقل من ٥٥ مم عد أيام الثلج	+ ٥ إلى ١٠ ٪ + ١٠ ٪ - ١٤ ٪

- تشير إلى أقل، + تشير إلى أكثر

وتعرض فيما يلى لظواهر تركز الحرارة والغبار والتساقط في المدينة.

١- الجزيرة الحرارية في المدينة

يمكن القول أن درجات الحرارة تكون أكثر ارتفاعاً في المدينة عن الريف المجاور. وتظهر الدراسات الحديثة التي تمت في بعض المدن الأمريكية، أنه حتى كتلة واحدة من المباني تقوم بتشكيل جزيرة حرارية. وفي الأيام الصافية الجو تكون درجة حرارة الطرق والسطوح الأسفلتية أكبر بحوالى ١٠ - ٢٠ مئوية مما هي عليه في المناطق العشبية أو الغابية. وحتى الأيام التي تغطي فيها السماء بالسحب فإن درجات الحرارة في المناطق المبنية تكون أكثر بحوالى ٣ مئوية مما هي عليه في المناطق الريفية المحيطة بنسبة ١٠ - ١٥ ٪، لكنها تسبب في زيادة درجات التبريد اليومية. ليس هذا فقط بل أن الفترة الحرة من الصقيع غالباً ما تكون في المدينة أطول مما هي عليه في الريف.



(شكل رقم ١٢-٨)، توزيع درجة الحرارة في مدينة دنفر، كلورادو بالولايات المتحدة الأمريكية وما حولها خلال الفترة من الساعة ٢ - ٤ صباحاً من يوم ٢ فبراير ١٩٦٥

ويعد الشكل رقم (١٢-٨) مثالا لجزيرة السفونة خلال ليالى الشتاء في مدينة دنفر (كلورادو - الولايات المتحدة الأمريكية)، حيث تجد أن خطوط درجات الحرارة المتساوية الأكثر ارتفاعات تمتد بشكل طولى عبر المدينة (Richl, 1978). وتكضع ظاهرة جزر السفونة في الشتاء بشكل بارز، كما تظهر في ليالى الصيف، حيث التبريد الليلي في المدينة يكون أبطأ مما في الريف. ويوجه عام تسجل المدن كلها درجات حرارة أكبر بحوالى درجة مئوية واحدة مما هي في الريف المجاور، خاصة في فصل الشتاء. وفي مركز مدينة لندن بلغ المتوسط السنوى لدرجة الحرارة ١١ مئوية خلال الفترة ١٩٣١ - ١٩٦٠ مقارنة مع ١٠.٣ مئوية في الضواحي، و ٩.٦ مئوية في مناطق الريف المجاورة (Chandler, 1965). وتبلغ الاختلافات الحرارية أشدها ليلا - (شكل رقم: ١٣-٨).



(شكل رقم ١٢-٨)، توزيع درجة الحرارة الصغرى في لندن، يوم ١٤ مايو، عام ١٩٥٩

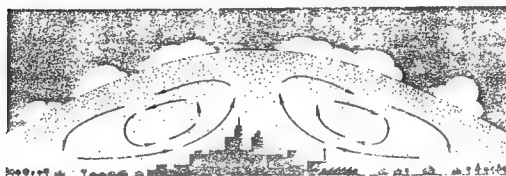
وتؤدي الحرارة الزائدة في المدينة الى جعل الضغط الجوّاط أكثر انخفاضا، وبالتالي فإنّ الهواء يتدفق نحوها من الريف المجاور لها. وتشير دراسات المنظمة العالمية للرصد الحوية WMO الى أنّ القيمة الحدية لسرعة الرياح لكي تحدث اضطراباً في جزيرة السفوف ترتبط لوغاريتمياً بعدد السكان في المدينة (على موسى، ١٩٨٢).

ب- تركّز الغبار في جو المدينة

يتركّز معظم الغبار المتولد فوق المدينة متخذاً شكل قبة تغلفها، وتبرز تلك القبة بشكل واضح في الايام الساكنة نسبياً في حركة الهواء مع وجود حركة طبيعية بسيطة كما هي الحال في (الشكل رقم: ١٤-٨). ففي تلك الايام يستمر نظام الحركة الدائري المتواصل في النقاط الجسيمات وتوجيهها نحو نظائرها المتركة في جو المدينة، وسرعان ما تسقط جسيمات الغبار الكبيرة - ذات القطر أكبر من ٥ ميكرون - نحو السطح، بينما تبقى الاخرى الدقيقة معلقة في الهواء لتقوم بدور نويات تكاثف

وتؤدي الجسيمات الموجودة في الجو من غبار ودخان ومواد أخرى الى تعكير الهواء، إلا أنّ المدى الذي يكون فيه الهواء معكراً محدوداً. ولهذا الغبار تأثير بارز على أطوال الموجات الاشعاعية الأقصر منه حيث يقوم بنشرها، وبالتالي فإنّ شدة ضوء

الشمس وكثافة الأشعة فوق البنفسجية نقل بفعل المواد المحمولة في الهواء. والتناقص يكون أكبر في الشتاء عنه في الصيف ويرجع ذلك إلى إزدیاد طول مسار الأشعة الشمسية في الجو الأكثر تعكيراً. كما تؤدي الجسيمات «^{١١}» التي في حالة زيادتها إلى التقليل من الرؤية داخل المدينة، وإزدیاد تكرار حدوث الضباب، الذي يعزى تكوينه في معظمه إلى تكاثف بخار الماء على جسيمات الغبار العديدة التي تقوم بدور نويات تكاثف.



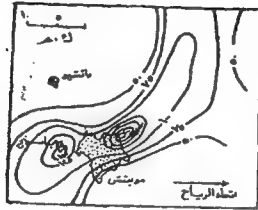
(شكل رقم ١٢) منحنى يبين حركة الهواء المحلية فوق المدينة

بي. - التساقط

تؤدي أنشطة الإنسان المتعددة إلى انداج الشديد من الجسيمات التي تتراكم في جو المدن وما حوله، والتي تشكل نويات تكاثف، وهذا يساعد على فهم سبب إزدیاد الرطوبة والأمطار فوق المدن. وتتركز الأمطار العظمى فوق مراكز المدن والأماكن الصناعية، إلا أن الرياح المائدة يمكنها أن تبعد منطقة الأمطار العظمى قليلاً عن مراكز المدن والأماكن الصناعية (شكل رقم: ١٥-٨).

عنه عام فإن معدل الزيادة في كمية المطر في المدن عما حولها تكون في حدود ١٠ - ٥٠٪. وتكون الزيادة في الشتاء أكثر من غيره من الفصول. كما وأن كميات الثلج الساقطة في العروض العليا والعواصف الرعدية تزداد في المدن أكثر من الريف المجاور. ومن دراسة العواصف الرعدية في منطقة مدينة لندن تبين أنها تؤدي إلى زيادة في الأمطار فوق المدينة بنسبة تصل إلى ٣٠٪ عما هي عليه في الريف المجاور، إذ أن إحدى العواصف أعطت قرابة ٦٨ ملليمتر من الأمطار فوق المدينة لكنها لم تعط أكثر من ٣ ملليمتر في الريف المجاور. ويمكن أرجاع ذلك إلى كثرة الغبار والجسيمات الأخرى

فى جو المدينة، ونشاط حركة الحمل الحرارى بفعل أن المدينة تعمل جزيرة حرارية (Chandler, 1965).



(شكل رقم ١٥-٨)، توزيع الأمطار (مم) فوق مدينة مونتيش يوم ٢٥ يوليو عام ١٩٢٩

المناخ والسكن في بيئة دلتا النيل

لقد ثبت بما لا يدع مجال للشك كما ذكرنا سلفاً أن للمناخ تأثيرات كثيرة على مسكن الإنسان منذ عصور ما قبل التاريخ، ولكن هذا التأثير لم يتضح بشكل ملحوظ كوضوحه فى الوقت الحاضر إذ أنه يتحكم فى إختيار موضع المبني الصحيح ومواد المبني المستخدمة فيه، بل وفى تصميمه أيضاً. وفى بيئة دلتا النيل، يظهر تأثير العناصر الجوية على المحلات العمرانية الريفية منها والحضرية واضحاً على النحو التالي:

١ - السكن الريفي:

العمارة فى القرى هى بطبيعة الحال عمارة الطين، فالمساكن الريفية كانت تبنى من الطين واللبن أو الطوب النيء، على هيئة جدران وأسقف سميكة ومسطحة (فيما قبل منتصف السبعينيات). وما كان هذا ليتم لولا أن الظروف المناخية الملائمة، من صعر كمية المطر الساقط وجفاف الجو معظم شهور السنة، تساعد على ذلك لأننا نعرف أن هذه المادة لا تصلح إطلاقاً للبناء فى المناطق المطيرة. فضلاً عن أن لون المباني الداكن، لون الطين، وخشونة جدرانها تبعاً لغزارة المواد اللاحمة، كالقش والتبن تعمل على امتصاص درجة حرارة أشعة الشمس وتهدئ بذلك ظروفاً حرارية ملائمة داخل المبني تعوض به الانخفاض الملحوظ فى درجة حرارة المحلات الريفية نظراً لتبعثر مساكنها وإحاطتها

بالأراضي الزراعية، ولا ينبغي أن نخفل أن فطرة العلاج في الدلتا قد هدته إلى تصميم مسكنه، الذي لا نكاد نجد اختلافات تركيبية ملموسة بين أرجاء الدلتا كلها، بما يتمشى مع الظروف الجوية المحيطة به، فافتحات والمنافذ تكثُر في الواجهتين الشمالية (البحرية) والجنوبية (القبليّة) للمسكن، فالأولى تستقبل الرياح المثلثة المثلطة صيفاً وما ينتج عنها من تأثيرات مباشرة على تدرج درجة الحرارة والرطوبة في الداخل، كما أن الثانية تسهل دخول أكبر قدر من أشعة الشمس خصوصاً في فصل الشتاء. إذ أنه إذا كانت المنافذ البحرية تستقبل وحدة واحدة من الحرارة كل عام، فإن القبليّة مديناً تستقبل ٤٥ وحدة والغربية أو الشرقية ٢٧ وحدة.

ولئن كانت العناصر انحوية، بالإضافة إلى العوامل الببليّة الأخرى، قد أعطت للقريّة في الدلتا عمارتها المميّزة، فإن لها بعض التأثيرات الصارّة عليها. ففي شهور الربيع وبصفة خاصة أيام الخماسين تميّز بكثرة الحرائق في القرى، فلقد تبين أن التغير يقف أساساً كعامل مباشر وراء إنتشار هذه الحرائق بسبب اندلاع الشرر من الموائد التي غالباً ما تكون أوضاعها في أماكن كشوفة وفي إتجاه الرياح، إذ أن الفلاح في الدلتا لم يأخذ حتى الآن في حسابه عامل تغير الرياح من قبليّة إلى بحريّة^(١).

ومن أشهر حرائق القرى في دلتا النيل ما حدث في ربيع عام ١٩٣٦ حيث شب ١٦ حريقاً منها ١١ كان السبب المباشر في حدوثها حط الهبوب وكان سببها الرياح الجنوبية اللافتحة.

وبالمثل وقعت عدة حرائق خلال ربيع عام ١٩٧٠، كان أشدها ما حدث يوم ١١ مايو، من نفس العام، في عدد من قرى محافظات الدقهلية والغربية وكفر الشيخ ولاشرقية، حيث دمرت ٥٠٠ منزل ولقى ٢١ مواطناً مصرعهم وأصيب ٣ آخرون، وكان ذلك بسبب سيادة الرياح الخماسينية على الدلتا التي استمرت يومين (٢١ - ٢٢ مايو ١٩٧٠).

٢ - السكن الحضري،

وإذا ننقل إلى المدن في دلتا النيل، نجد أن أثر العوامل الجوية فيها محدود بل وضعيف نسبياً. فعلى الرغم من أن عمارتها هي عمارة الطوب الأحمر بدل الطين في الريف، وخطتها ليست عشوائية كالقرى وإنما هندسية، وشوارعها مستقيمة واسعة نوعاً ما ومرصوفة، إلا أن كل ذلك قد لا يرتبط بالظروف الجوية المحيطة، من سطوع

(١) الرياح التي تهب في مقدمة الجهة الباردة للإنخفاض الخماسيني رياحاً جنوبية ساخنة (قبليّة) بينما الرياح التي تهب خلفها تكون شمالية غربية (بحريّة).

الشمس ودرجة الحرارة والرياح والرطوبة، ارتباطاً قوياً. ولكن يلاحظ أن هذا التأثير لا يتمثل إلا في ناحيتين: الأولى هي كيفية وضع الفتحات والمنافذ، بالنسبة لاستقبال أشعة الشمس، وعددها الذي يفوق مثيله في مباني القرية، وحتى هذا أيضاً لا تحدده حالة الجو فقط بقدر ما تفرضه ظروف المبنى نفسه من حيث مساحته وموضعه بالنسبة للمباني المجاورة والشارع الذي يقع فيه. أما الناحية الثانية لهذا التأثير فيتضح في أن أي امتداد لأية مدينة دائماً أو غالباً إلى الشمال من قطاعها القديم (ينطبق ذلك على معظم مدن دلتا النيل تقريباً) وذلك سعياً إلى أن يكون في مستقبل الرياح الشمالية (البحرية) السائدة المنعشة والملطفة، أي أنه يحتكر في أغلب الأحيان المناخ الأمثل والموقع الجيد في المدينة.

كما وقد تظهر آثار كثيرة على الوحدات السكنية في مدن الساحل في فصل الصيف بسبب الرطوبة النسبية المرتفعة تتمثل في الصدا الذي يصيب الأسوار والأبواب الحديدية ومقابض الأبواب والمنافذ.

ومن الناحية الأخرى، يلاحظ أن تزايد المياني وتكدسها في المدن يعد عامل تأثير عبر طبيعي على الأحوال المناخية السائدة، وليس هذا في منطقة الدلتا محسب وإنما في المناطق التي تتميز بنمو المدن فيها (أففياء ورأسيا). فنجد مثلاً أن طرود المدينة الكبيرة تؤثر على درجات الحرارة سواء في الشتاء أو الصيف. ففي فصل الشتاء تؤدي التدفئة الصناعية التي يستخدمها سكان المدينة إلى رفع درجة الحرارة التي سجلها أجهزة الرصد رفعاً صناعياً بالمثل، لذلك تبدو درجات الحرارة في المدينة أعلى من المعدل أيضاً وذلك بسبب الإشعاع الحراري الذي تعكسه المباني فتزيد من درجات الحرارة التي سجلها الأجهزة، هذا بالإضافة إلى أن المباني العالية تعوق حركة الهواء مما يؤدي إلى رفع درجة الحرارة. ومن هنا كانت الأرصاد الجوية للمدينة تعبيراً عن حالة العناصر المناخية داخلها وليس للإقليم الذي تقع فيه.

الفصل التاسع

المشاكل المناخية البيئية

المشاكل المناخية البيئية

مقدمة :

فى وقتنا الحاضر حيث تشابكت معظم العلوم وفروع المعرفة وترابطت ببعضها، بدأ علم الجغرافية المناخية، كفرع من الفروع الجغرافية، يوسع اختصاصه، ويزيد من مسؤولياته تجاه العلوم الأخرى. وقد لا يكون من المغالاة إذا قلنا أن الحاجة إلى المعلومات المناخية أصبحت بالضرورة عاملاً هاماً فى التعرف على كل مظاهر الحياة. فلا يخفى علينا أهمية هذه المعلومات بالنسبة للمشتغلين بعلوم الزراعة والصناعة والملاحة الجوية وهندسة المياه والتخطيط الإقليمى الحضرى والنبات، إذ أن الباحث فى أى علم منها يجد نفسه مضطراً، فى أغلب الأحيان، أن يضيف جزءاً إلى دراسته ليشير إلى الظواهر المناخية ومدى اعتماده عليها فى تفسير مظاهر تلك الدراسة.

وحتى وقت ليس ببعيد كان من الصعب التحقق من الصلة الوطيدة بين علم الجغرافية المناخية وغيره من العلوم، ويرجع ذلك بصفة خاصة إلى أن الدراسة المناخية كانت تقليدياً، تعالج كعلم مستقل يدرس لذاته، ومن ثم لم تتضح هذه الصلة كوضوحها حالياً. إذ وجد من المفيد زيادة التعاون بين المناخيين وغيرهم من الباحثين فى شتى نواحي المعرفة، عن طريق وضع المعلومات المناخية فى إطار يخدم جميع متطلبات هؤلاء وأغراضهم المختلفة.

ويفتأول موضوع هذا الفصل الذى نحن بصدد دراسة المشاكل المناخية وعلاقة المناخ بالبيئة من وجهة جغرافية المناخ التطبيقي، وتعد هذه الدراسة ذات أهمية خاصة، وتبدو أهميتها جلية فى أنها تمثل محاولة لإبراز قيمة المعلومات المناخية وصلتها بنواحي الحياة سواء على المستوى العالمى أو الإقليمى أو حتى المحلى. وتركز الدراسة فى هذا الفصل على مجموعة من المشاكل المناخية تتمثل فى مشكلة صعوبة الحصول على بيانات مناخية عن المناطق القطبية، ومشكلة التغيرات فى مناخ الأقاليم المناخية، ومشكلة التصحر وإزالة الغابات، ومشكلة تلوث الهواء، ومشكلة ثقب الأوزون والأمطار الحمضية، ومشكلة ظاهرة النينو. ومشكلة الطاقة والمناخ

المشاكل المناخية وعلاقتها بحياة الإنسان

من الثابت أن المشاكل المناخية التي سنشرحها هنا ما كانت لتوجد لولا النشاط المتزايد للإنسان سواء الناتج عن التقدم العلمي والصناعي له أو للزيادة العددية للسكان، بالإضافة إلى الاعتداء السافر للإنسان على الموارد الطبيعية التي يتفرد بها كوكب الأرض الذي يعيش الإنسان على أديمه.

صعوبة الحصول على بيانات مناخية قطبية

تؤدى الطبيعة القاسية لمناخ المناطق القطبية إلى أن عدد محطات شبكة الأرصاد الجوية السطحية بها قليلاً ومتفرقاً. وعلى هذا فإن معرفتنا بتفاصيل اختلاف ظروف المناخ السطحية مع الزمان ومع المكان هي معرفة ناقصة. غير أن معلوماتنا أخذت في النمو نتيجة لقياسات وأرصاد الأقمار الاصطناعية. فعلى سبيل المثال تشير المعلومات الخاصة بتبادلات الطاقة إلى أن أحد الملامح الأساسية للتذبذبات المناخية على مستوى كوكب الأرض يتمثل في تغير الغطاء الثلجي والجليدي Cryosphere. وحتى الوقت الذي بدأ فيه استخدام الأقمار الاصطناعية قطبية المدار لم يكن ممكناً الحصول على صورة متكاملة لمناطق كبيرة مثل هذه المناطق. أما الآن فيمكننا أن نؤكد أن هناك بالفعل بعض التغيرات - وإن كانت صغيرة نسبياً - طويلة المدى التي قد تؤثر في امتداد الغلاف الثلجي فوق البحر. وتؤدي التغيرات الموسمية إلى أنه في النصف الشمالي من كوكب الأرض يتزايد مقدار الامتداد في هذا الغلاف من حوالي ٧ مليون كيلومتراً مربعاً إلى ١٤.١ مليون كيلومتر مربع من الصيف إلى الشتاء. وعلى النقيض، فإن التغير الموسمي في النصف الجنوبي هو من ٢.٥ مليون كيلومتر مربع إلى ٢٠ مليون كيلومتر مربع مما يعكس التركيب القاري المختلف بين المنطقتين القطبيتين. ولقد لوحظ كذلك أن معدلات من الغطاء الجليدي أقل من المعتاد في منطقة بحر بارنتس وكارا Barents and Kara Sea ترتبط بمعدل أكبر من المعتاد من الجليد في منطقة بحر تشوكشي Chukchi Sea. وبالمثل فإن امتداد الجليد من الاسكا Alaska في شهر أغسطس يبدو مرتبطاً بمقاديره في جرينلاند Greenland في شهر يونيو أو يوليو السابقين. وتنعكس الاختلافات الزمنية من هذا النوع بالضرورة على المناخ السطحي للمناطق القطبية. إضافة إلى هذا فإنه نظراً لأن المنخفضات توجّه بمحاذاة السطح الفاصل بين الجليد البحري والماء المفتوح (شكل ١ - ٩) - بسبب وجود عدم اتصال حراري عبر منطقة الاتصال - فإن تغيرات

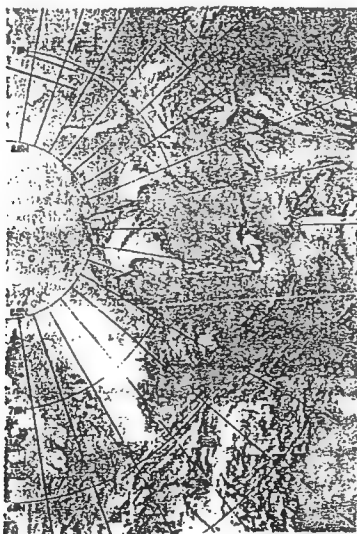
السطح الجليدى البحرى تغير بالضرورة من صور المناخ فى منطقة دوائر العروض الوسطى.

ويدخل عصر الأعمار الاصطناعية فإن دراسة المناطق المائية المفتوحة الموجودة بين الامتدادات الثلجية باتت أكثر سهولة. وهذه المناطق تعد الوحيدة التى يمكن أن يتفاعل فيها الماء الدافئ نسبياً الموجود تحت الثلج بشكر مباشر مع الهواء، وعلى هذا فإن لها أهمية قصوى فى تأكيد ميزان الطاقة للمنطقة، كما أن لها دوراً عظيماً فى فهم العمليات التى تؤدى إلى خلق صور المناخ القطبية. ورغم نقص معلوماتنا وفهمنا لأنواع المناخ القطبى - أو حتى قدرتنا على إعطاء وصف ملائم لها - فإن من الواضح أن المناطق القطبية تعد ذات تأثير أساسى على مناخ الأرض كلها من خلال تفاعل هذه المناطق مع مناطق العروض الوسطى. ومن الواضح كذلك أن هذه المناطق تعد سهلة التغير نسبياً بتأثير الأنشطة الإنسانية، فقد وجدت ملوثات جوية فى المناطق القطبية. ونظراً لأن هذه الملوثات تكون عادة ذات معامل انعكاس (ألبيدو Albedo) أكثر انخفاضاً من أسطح المناطق القطبية فإنه يمكن توقع تغيرات كبيرة فى ميزان الطاقة السطحية، وكذلك فقد اقترحت برامج للرى فى الاتحاد السوفيتى السابق تتضمن تحويلاً لمجارى الأنهار التى نصب عادة فى حوض المنطقة القطبية الشمالية المتجمدة وهذا من شأنه أن يؤدى إلى زيادة ملوحة مياه المحيط القطبى الشمالى وبالتالي إلى تقليل مقدار الغطاء الثلجى فوق ماء البحر وما يتبعه من تغير للألبيدو. ومن المؤكد أن أى تغيير فى هذا المعامل من شأنه أن يؤدى إلى عواقب مناخية ملحوظة تتجاوز بكثير المناطق القطبية ذاتها.

التغيرات فى المناخات الإقليمية

تعد الأقاليم المناخية التى تناولناها فى الجزء الأول من هذا المؤلف مناطق ثابتة، أو غير قابلة للتغير كما أن حدودها غير محكمة التحديد، والمؤكد أن مناخ الكوكب كله يمر بحالات من التذبذب الطبيعى المستمر. وهذه من شأنها أن تؤدى إلى تغيرات فى مناخ كل الأقاليم المكونة له. وحدوث تغيرات بتأثير النشاط البشرى هو أمر ممكن على المستوى المحلى. والتغيرات من هذا النوع تحدث عادة فى مناطق متفرقة ومعزولة عن بعضها فى داخل إقليم معين ولا يبدو أنها تؤدى إلى حدوث تغيرات على المستوى الإقليمى الأكبر. وبالتالي فإنه من المعتاد النظر إلى شكل معين من أشكال المناخ الإقليمى ككيان ثابت لم يتأثر بدرجة ملموسة بفعل النشاط الإنسانى. غير أنه مع تزايد مستوى هذا

النشاط تزداد احتمالات حدوث مثل هذه التغيرات الإقليمية باستمرار، كما ذكرنا منذ قليل عن المناطق القطبية. ولحسن الحظ، فإننا قد بدأنا نفهم العمليات التي تؤدي إلى نشأة أنماط المناخ الإقليمي المختلفة بشكل أفضل، ونستطيع بهذا أن نحدد الآثار الكامنة والتي يمكن أن تحدث نتيجة لهذه الأنشطة البشرية. وكأمثلة لهذا النوع الجديد من المعلومات والمعرفة نستطيع أن نتفهم حالتي المناخ الاستوائي، والمناخ القاري الداخلي. فالأقمار الاصطناعية تقدم أرصداً وقياسات للقيم الشهرية المتوسطة لصافي الإشعاع وكذلك الإشعاع طويل الموجة الخارج عند قمة الغلاف الجوي، إضافة إلى الألبيدو الكوكبي للمنطقة، لكل من هذين النمطين من المناخ، مضافاً إليها أيضاً القيم المتوسطة الشهرية لكميات السحب والتي تقدر من مواقع الرصد الأرضية.



(شكل رقم ٩-١٠) صورة بالأشعة تحت الحمراء مأخوذة بواسطة الأقمار الاصطناعية الجوية ليوم ١٢ يناير ١٩٧٩ تبين اعصارين (مشار إليهما بالاسهم) متجهين إلى قرب الحافة البحرية الجليدية في بحري جرينلاند والنرويج.

وبالنسبة للمناخ الاستوائى - الموضح هنا بالنسبة لمنطقة ساوجيرايل بالبرازيل (شكل رقم ٢ - ٩ أ) - فإن منحنى صافى الإشعاع يعكس نقطتى حد أقصى، يتفق كل منهما مع الزمن الذى يودى وضع الشمس العمودية فيه إلى إيجاد حد أقصى من الإشعاع الشمسى. أما القيم الأقل فى الربيع، فتربط فيما ييسر بشكل مباشر بزيادة الألبيدو والناشئة عن وجود السحب بمقادير أكبر. ورغم أن أعلى القيم فى هذا الفصل تحدث عادة فى شهر مارس، إلا أن الارتفاع الزائد فى الألبيدو فى هذا الشهر يقلل بشكل طفيف من هذه القيمة. وهذه الزيادة نفسها يمكن أن تكون نتيجة للتغيرات فى أحوال السحب حيث يعكس منحنى الإشعاع طويل الموجة حداً أدنى من الانبعاثات فى هذا الشهر، الأمر الذى يتوافق مع الاقتراح بأن هناك اختلافات فى مقادير السحب - وربما أنواعها - فى هذا الفصل. وتفسير الفارق فى السدّاد بين الحدين الأدنىين لصافى الإشعاع هو أمر أقل سهولة؛ فالإشعاع الخارج طويل الموجة فى شهر يونيه يتجاوز مقداره فى شهر ديسمبر. ويمكن إرجاع جزء من التدار المتبقى إلى الاختلاف الطفيف للألبيدو لكل من الشهرين. إلا أنه قد اقترح أيضاً أن اختلاف المسافة بين الأرض والشمس فى هذين الشهرين يمكن أن ينجب دوراً مؤثراً، الأمر الذى لقى قدراً متواضعاً من الاهتمام فى الماضى، ويشكر عام فإن الاختلاف السنوى فى التدفّعات صغير المقدار، كما يمكن أن يتوقع فى هذه المنطقة الاستوائية، حيث تتفاوت درجات الحرارة السطحية بدرجات طفيفة على مدار العام. ومع هذا فإنه يمكن القول - بالنسبة للعام ككل - أن حالة السحب تلعب دوراً حيوياً فى نشأة هذا المناخ الإقليمى والمحافظة عليه.

أما بالنسبة للمناخ القارى الداخلى لمناطق العروض الوسطى فإن مقدار التفاوتات الموسمية يكون أكثر وضوحاً (شكل ٢ - ٩ ب). وبشكل خاص فإن منحنى الألبيدو تكون له دورة سنوية مميزة. وهذا يمكن ربطه مباشرة بتغير أحوال السطح من غطاء نباتى فى الصيف إلى ثلج فى الشتاء. ويكون دور السحب أقل أهمية فى تغيرات الألبيدو، رغم أن انخفاض كميات السحب من شهر ديسمبر إلى شهر فبراير يودى إلى زيادة فى الألبيدو حيث تكون أجزاء كبيرة من السطح عالى الانعكاسية معرضة للإشعاع الشمسى. وعلى هذا فإنه بالنسبة لهذه المنطقة فى هذا الفصل من السنة يكون تأثير السحب معاكساً لتأثيرها فى حالة المناخ الاستوائى. ويمثل منحنى صافى الإشعاع استجابة للتفاوتات الموسمية الكبيرة فى الإشعاع الشمسى، غير أن التذبذبات السنوية تقل نتيجة لأن الإشعاع طويل الموجة الخارج يكون عند حد أدنى خلال فصل الشتاء، الأمر الذى

يعد نتيجة مباشرة لتأثير درجة حرارة السطح. وهكذا فإنه يبدو أن ظروف السطح - بصفة عامة مرة أخرى - تمثل العامل الحيوى الذى يجب أن يؤخذ فى الحسبان فيما يتعلق بتطور أنماط المناخ القارية الداخلية.

وتتفرح الأمثلة التى أوردناها أن التغيرات المناخية إقليمية المستوى يمكن أن تحدث وأنها قد لا ترتبط بالضرورة بالتغيرات العامة للأرض ككل. غير أنها تتطلب تعديلات فى نوع الأسطح التى تغطى مساحات واسعة. وعلى هذا، فإنه على الرغم من أن تغيرات صغيرة ربما تحدث بشكل مستمر نتيجة لأسباب طبيعية بالكامل، ورغم وجود امكانية حدوث تغيرات اصطناعية كبيرة أيضاً إلا أن تأثير النشاط الإنسانى يعد فى الوقت الحاضر صغيراً. فمعظم التغيرات التى تحدث بفعل الإنسان هى بالتأكيد تغيرات محلية المستوى ولا يمكنها بعد أن تغير من التوزيع الحالى لأنماط المناخ الإقليمى.

ويمكن استخدام معلومات كذلك التى ناقشناها سابقاً لاقتراح الآثار الكامنة التى يمكن أن تحدث كنتيجة لتأثيرات الأنشطة البشرية على المناخ الإقليمى. وهذه الاقتراحات يجب الوصول إليها بضم هذه الآثار البشرية المتوقعة فى برامج المحاكاة (المتشابهات) للمناخ الحالى. وفى الآونة الأخيرة فقد تم تطوير البرامج الخاصة بالمستويات العامة للأرض ككل، لكى تتضمن الأحوال المناخية الإقليمية عن طريق التأكيد على تلك العمليات والظواهر المناخية مثل كميات السحب أو لأحوال السطحية التى تمثل أهمية خاصة لإقليم مناخى معين. ولقد تركز أغلب الاهتمام على دور التغيرات السطحية حيث أنها تتعلق بالإقليم الذى يمكن أن يتعرض - بفعل النشاط البشرى - لما يمكن أن نعهده تغيرات مناخية إقليمية المستوى. وقد تركزت الاهتمامات بشكل خاص حول تأثيرين ممكنين لهذا النشاط البشرى، وهما ظاهرة التصحر Desertification وإزالة الغابات Deforestation.

التصحر

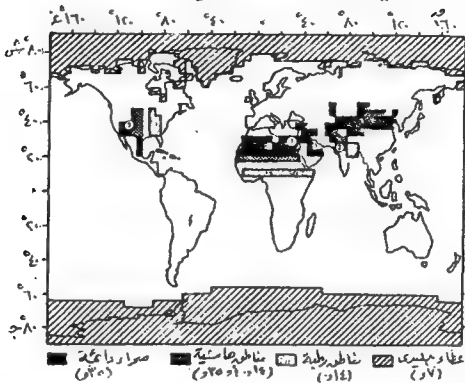
سبق القول بأن التغيرات فى مظاهر سطح الأرض فى المناطق الجافة وشبه الجافة يمكن أن تودى إلى زيادة حالة الجفاف فى هذه المناطق، فالغطاء النباتى البسيط والمتفرق أصلاً فى هذه المناطق يمكن أن يزال بتأثير تغيرات صغيرة نسبياً فى المناخ، أو عن طريق النشاط الإنسانى المتمثل فى الإفراط فى الرعى على هذا الغطاء النباتى المحدود، وعندما يزال الغطاء النباتى وينكشف سطح الأرض تنخفض قدرة الأرض على

الاحتفاظ بالماء، نتيجة لزيادة معدلات الجريان السطحي، كما يزداد الألبيدو. وهذان العاملان يؤديان إلى التأثير على درجة حرارة السطح بطريقتين متضادتين. فمع انخفاض مقدار الرطوبة المتاحة يؤدي انخفاض تدفق الحرارة إلى ارتفاع في درجة حرارة السطح، بينما زيادة الألبيدو ينتج عنها انخفاض في درجات الحرارة. وتبين حسابات نماذج المحاكاة أن هذا التأثير الأخير يكون هائلاً. وبناءً على هذا يكون الافتراض بأن زيادة التبريد سوف تؤدي إلى ركود كبير المستوى، وتحت هذه الظروف من الهواء الهابط فإن تكون السحب والتساقط يكونان مستحيلين فتزداد حالة الجفاف. ولا يمكن اعتبار صحة هذه النظرية بالملاحظات أو القياسات الفعلية في المناطق الجافة حيث أن الألبيدو السطحي يتغير بقدر ضئيل على المستوى السنوي. إلا أن المعلومات الخاصة بتدفق الطاقة من النوع الذي يمكن الحصول عليه للمناخ القاري الذي ناقشناها آنفاً وحيث كان الألبيدو يتغير بالفعل بدرجة كبيرة، يمكن أن تستخدم لعمل نموذج للتأثيرات الممكنة في هذا الشأن. ويوضح شكل (٣ - ٩) نتيجة واحدة من نماذج المحاكاة، وهذا النموذج هو نموذج مشابه لمستوى الأرض كلها، إلا أنه يركز على تغير الألبيدو السطحي لمجموعة المناطق شبه الجافة. ويمكن أن نرى أنه يبدو أن زيادة الألبيدو السطحي تؤدي إلى التقليل من معدلات الأمطار. ويركز استخدام المحاكاة على المستوى الشامل لكوكب الأرض على حقيقة أن كل أجزاء النظام المناخي متصلة ومتراصة. ورغم أن هذا النموذج بالذات يتضمن تبسيطات عديدة إلا أن النتائج المستخلصة منه تعكس نوع التأثيرات المناخية التي يمكن حدوثها بسبب تأثير السطح.

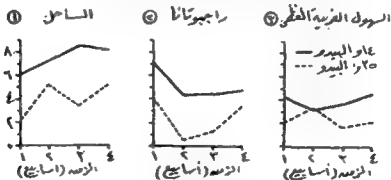
إزالة الغابات

حينما يزال ما على سطح الأرض بغرض إعدادها للزراعة تتغير خصائص هذا السطح، ويمكن أن يكون هذا التغير واضحاً بشكل خاص إذا ما حلت زراعة محاصيل حقلية محل الغابات. وفي الوقت الحاضر يقع حوالي ١٠٪ من مساحة الأرض على مستوى الكوكب كله في إطار النشاط الزراعي، بينما تشغل الغابات حوالي ٣٠٪ منه. غير أن مساحة الغابات - لا سيما في المناطق المدارية - تتعرض للتناقص. بمعدلات سريعة، الأمر الذي يعني أيضاً أن الخصائص السطحية لهذه المساحات الواسعة تتعرض للتغير. وأحدى المناطق التي تتعرض لعمليات إزالة للغابات هي منطقة حوض الأمازون في البرازيل. وتشير البيانات الخاصة بمنطقة ساو جبرائيل، المشار إليها سابقاً، إلى أن

قيمة الألبيدو المقدرة وتوزيعها على سطح الأرض (د)



(ب) نسب متوسط الأمطار السنوية (مليمتر) لشهر يوليو لبعض المناطق المختارة ذات البيدر ٣٥ و ٤٠ و ٥٠



اشكل رقم ٩٠-٢٠، (١) توزيع المناطق التي شملها تغيير قيمة الألبيدو Albedo في تجارب النموذج المناخي المصمم لبحث ظاهرة التصحر.

(ب) الاشكال البيانية توضح أن الزيادة الألبيدو السطحي في ثلاث مناطق ذات تبخر حر.

كميات السحب وكذلك أحوال السطح تتحكم في المناخ. وعلى هذا - وعلى خلاف الظروف التي تؤدي إلى حدوث التصحر - فإن التغير المهم يتعلق بالخصائص المائية وليس إلى تغيرات الألبيدو. فمن الثابت بالفعل - على سبيل المثال - أن كثيراً من الغابات الأوروبية لها معدلات من طاقة التبخر / النتح تبلغ حوالي ٨٥٠ ملليمتر في العام، بينما المسطحات الأرضية المكشوفة القريبة منها تكون معدلاتها أقرب إلى ٤٥٠ ملليمتر في العام. وطبيعي أن تكون القيم أعلى في المناطق المدارية، إلا أن الفروق بين المعدلات كبيرة بشكل ملحوظ. ولبحث تأثير عملية إزالة الغابات في البرازيل، فإن نموذجاً للمحاكاة قد صمم بالنسبة للأرض ككل يركز على تغير التدفق الرطوبي في المناطق المدارية. وفي هذا النموذج تم تحويل غطاء الغابات الاستوائية فوق مساحة قدرها ٥ مليون كيلومتراً مربعاً من منطقة حوض الأمازون إلى منطقة حشائش السافانا. وعلى الرغم من أن هذا يمثل تغييراً ضخماً إلا أنه بمعدلات إزالة الغابات التي تتم حالياً يمكن أن يتم في خلال ٣٠ - ٦٠ عاماً. وقد قام النموذج بتحويل الغطاء النباتي على العور تقريباً ولكنه استغرق بعد ذلك حوالي ٥ سنوات لكي يعود إلى الأحوال المناخية المستقرة تقريباً. وفي النهاية وجد أن كلا من التساقط والتبخر تناقصا بقيمة تقدر بحوالي ١٠٪. وكان هناك تغير طفيف في درجة الحرارة السطحية ربما لأن انخفاض تدفق الحرارة بعيداً عن السطح كان يتم تعويضه بالزيادة الطفيفة في الألبيدو. كما أن التغيرات في الرطوبة اتخذت شكل ظاهرة إقليمية المستوى، إلا أنه لم تكن هناك أية تغيرات ملحوظة على مستوى الأرض ككل. غير أن هذا النموذج لم يأخذ في الحسبان زيادة معدلات غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو والتي قد تنتج عن عمليات إزالة الغابات بهذا الحجم الهائل.

مشكلة الطاقة والمناخ

يعتقد كثير من العلماء، منذ ما يقرب من ثلاثة عقود مضت، أنه على مدى العقود القليلة القادمة، ربما تجد الدول الصناعية الكبرى في العالم الآن نفسها مضطرة إلى اتخاذ قرار، هل ستظل تعتمد على أنواع الوقود الحفري (الفحم والبتروöl) المختلفة كمصادر رئيسية للطاقة، أم أنها ستستخدم البحث العلمي ورأس المال للكشف عن مصادر طاقة بديلة يمكن أن تحل محل الوقود الحفري خلال العشرين سنة القادمة. وإذا كان الحصول على المصادر البديلة تعترضه الكثير من العقبات والصعوبات، إلا أن النتائج المناخية التي يمكن أن تترتب على الاستمرار في استخدام الوقود الحفري لمدة قرن أو قرنين آخرين ستكون لها آثارا ضارة بدرجة لا تترك أمام الإنسان مجالا للاختيار. وحيث أن مثل هذا

القرار لن تظهر نتائجه إلا بعد حوالي خمسين سنة، فإنه لن يجد كثيراً من الاهتمام على المستوى الاجتماعي والسياسي في الوقت الحاضر. ومع ذلك فإن ما يعطى لمثل هذا القرار أهميته، أن الأسس العلمية والتكنولوجية اللازمة لتنفيذه ستحتاج إلى عشرات من السنين، وإلى جهود لم يسبق لها مثيل. هذا وليست هناك مصادر طاقة من المصادر البديلة للوقود الحفري ذات أهمية في الوقت الحاضر للاستخدام الصناعي العالمي، ومن ثم فإن الاتجاه إلى مصادر أخرى يتطلب عقوداً عديدة. كما أن التوصل إلى طرق يمكن استخدامها للحصول على تقديرات موثوق بها للتغيرات المناخية التي تنجم عن الاستمرار في استخدام الوقود الحفري تحتاج إلى عشرات من السنين على الأقل.

وتدور التساؤلات، التي نناقشها في هذا الجزء من الفصل، حول الزيادة في مقدار غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي كنتيجة للاستمرار والتوسع في استخدام الوقود الحفري كمصدر رئيسي لطاقة. ونحدد هنا أربعة أسئلة هامة في هذا المجال هي: ما الاحتمالات المتوقعة لمستقبل درجة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي على صوء معدلات احتراق الوقود الحفري؟، ما التغيرات المناخية المتوقعة نتيجة زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، ما النتائج المتوقعة لمثل هذه التغيرات المناخية على المجتمعات البشرية والبيئية الطبيعية؟، ما الجهود البشرية المضادة، إذا ما كانت هناك ثمة جهود، يمكن أن تقلل من التغيرات المناخية، أو نخفف من نتائجها؟ وسنعرض هنا مناقشة السؤالين الأول والثاني، أما السؤالين الآخرين فسنرجي مناقشتهم إلى الفصل التالي (الفصل الثامن) عند الحديث عن الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية

الطاقة وعلاقتها بالمناخ

يمكن المتخصصون في دراسة العلاقة بين الطاقة والمناخ من تحديد ثلاثة منتجات ثانوية تنولد عن إنتاج الطاقة واستهلاكها هي الحرارة والجسيمات الدقيقة والغازات التي لها قدرة على إحداث تعديل غير متعمد في مناخ العالم. ومن المعروف منذ فترة من الوقت أن المدن تخلق مناخها المحلي المميز لها (انظر الفصل الخاص بالمناخ والمدن في هذا الكتاب). وقد تصور العلماء في البداية، أن زيادة التحضر وبناء المجمعات الكبيرة التي تعتمد على توليد الطاقة وما شابه ذلك، ربما تؤدي من خلال مخرجاتها من حرارة وجسيمات دقيقة وغازات إلى حدوث اضطرابات في نظام المطر أو تؤثر في ظواهرات مناخية أخرى على المستوى العالمي. وعلى أية حال أظهرت الدراسات أن أي احتراق ينتج عنه ثاني أكسيد الكربون سيكون له امكانية كبيرة واضحة على إحداث اضطراب في مناخ العالم خلال العقود القليلة القادمة.

وإذا كان ثاني أكسيد الكربون يتمتع بشفافية خاصة للموجات القصيرة من الأشعاع الشمسي (الضوء) فإنه يفقد هذه الخاصية بالنسبة للموجات الطويلة (الحرارة) حيث يمتصها بكثرة في الوقت الذي تكون فيه غازات الغلاف الجوي الأخرى ذات شفافية لهذه الموجات الطويلة. ومن هنا يعوق تواجد ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي الأشعاع الحراري المنبعث من سطح الأرض من الانطلاق والتشتت نحو الفضاء الخارجي. ومن هذا المنطلق تؤدي زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي إلى الاختلال بالتوازن بين الأشعاع الشمسي الداخل والأشعاع الحراري الأرضي المنطلق نحو الفضاء الخارجي، مما يؤدي إلى زيادة واضحة في درجة حرارة الطبقات الدنيا من الغلاف الجوي. وتعرف هذه الظاهرة علمياً باسم «أثر البيت الزجاجي» أو الصوبات الزجاجية Green House Effect، نظراً للتشابه بين دور كل من ثاني أكسيد الكربون والرجاج في البيوت الزجاجية في احتجاز حرارة الشمس وخاصة من خلال منع انتقالها بالحمل. وبالتالي يمكننا القول أن نتائج خطيرة ربما تظهر نتيجة لزيادة حمولة الجسيمات في الغلاف الجوي، أو نتيجة لتكوين مواقع ذات حرارة عالية نتيجة للسرير غير لمناور في الاستخدام البشري للطاقة. ورغم التكلفة العالية فمن الواضح أنه من الممكن ضبط مستوى الجسيمات التي يطلقها النشاط البشري في الغلاف الجوي، خاصة وأن هناك من الأسباب الأخرى ما يدعونا لذلك غير التأثيرات المناخية المتوقعة. وإذا كانت النمذجة المناخية حالياً لا تزال غير قادرة على التكهّن بدرجة وثوق كبيرة بأي تغييرات مناخية متوقعة على نطاق واسع نتيجة للتوزيع الجغرافي غير العادل للحرارة التي تنطلق نحو الغلاف الجوي من خلال استخدامات الإنسان للطاقة، إلا أن تطور الفهم للمناخ، وهو الأمر المطلوب للإجابة على الأسئلة الخاصة بتأثير ثاني أكسيد الكربون، يجعل في الامكان أن تعطى تقديرات مفيدة عن الآثار المناخية المتوقعة لاطلاق الحرارة غير المتوازن على سطح الأرض. فحتى إذا ما وصل سكان العالم في المستقبل نحو عشرة مليارات نسمة، ومع تزايد استخدام الإنسان للطاقة بمعدل يبلغ عدة أضعاف معدل الاستخدام في الوقت الحاضر فإن هذا كله سيطلق كمية من الحرارة تعادل فقط ٠.٠٠١ من صافي طاقة الأشعة الشمسية التي يستقبلها كوكب الأرض. ونظراً لقصر الوقت الذي تبغى فيه الجسيمات الدقيقة عالقة في الطبقة الهوائية القريبة من سطح الأرض. فإن خطورتها تبدو قليلة لأن الغلاف الجوي يمكن أن يستعيد نظافته خلال بضعة أسابيع.

وإذا كانت متوسطات درجة حرارة كوكب الأرض تمثل أحد المعطيات التي ترتبط ببعضها البعض ديناميكيا والتي تتخذ أساسا لوصف المناخ، فإن المعطيات الأخرى تتمثل في الخصائص الاحصائية للحرارة وكمية السحب والتساقط والرياح. ومن الأمور المعروفة أن أى تغير ولو محدود فى أى من هذه المعطيات يمكن أن يؤدى إلى تحول رئيسى فى مناخ كوكب الأرض. وتشير السجلات التاريخية والدلائل غير المباشرة للمناخات فى الماضى الى حدوث تغيرات واضحة فى درجات الحرارة والتساقط وكمية الثلوج. فمن المعروف أن زمن الحياة الوسطى الجيولوجى الدافئ انتهى منذ حوالى ٦٠ مليون سنة وبدأت من بعدد عملية تبريد تدريجية مؤدية الى العصر الجليدى فى بداية القسم الرباعى من زمن الحياة الحديثة وقد تميزت فترة المليونى سنة الأخيرة بتعاقب الفترات الجليدية التى كان يتخللها فترات دافئة. وقد انتهت أحدث الفترات الجليدية منذ حوالى ١٠,٠٠٠ سنة والتي كانت فيها متوسطات درجة الحرارة فى العروض الوسطى أقل بنحو ٥° - ١٠ م عن درجة الحرارة التى تنسم بها هذه العروض فى الوقت الحاضر.

ومما تجدر الإشارة إليه أن مقدار فهمنا لبعض العمليات الأساسية التى تحكم التغير المناخى لازال محدوداً. ومن هنا لا زلنا نجهل عما اذا كانت التغيرات المناخية تحدث على مراحل انتقالية من حالة متوازنة مستقرة الى حالة أخرى تختلف عنها بصورة فجائية، أو أنها تحدث بصورة انتقالية تدريجية من خلال استمرارية الظروف المناخية. وعلى أية حال فإن حدوث كلا نوعي التغير أمر ممكن من خلال التغيرات فى المؤثرات الخارجية مثل كمية الاشعاع الشمسى أو بواسطة اعادة التوزيع الداخلى الذاتى للطاقة داخل المكونات الطبيعية للنظام المناخى. وفى كلا الحالتين فإن زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون تزيد وتعمق من هذه التغيرات المناخية. فإذا كانت التغيرات المناخية مرحلية، فإن حدوث اضطراب فى المناخ نتيجة للزيادة الكبيرة فى ثانى أكسيد الكربون يصبح أمراً مزعجاً بصفة خاصة وذلك لأن هذا التغير وأن كان بطيئاً فإنه يكون نذيراً بتحول مفاجئ نسبياً الى أنظمة مناخية جديدة. وإذا ماكانت التغيرات المناخية تدريجية، فإن الآثار الناجمة عن زيادة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى ستتمو بشكل مطرد ليحدث انتقال عالمى تدريجى بصورة أكبر فى المناخ. وفى كلا الحالتين سيحدث انتقال للنطاقات الزراعية نتيجة للتغيرات الفصلية لدرجات الحرارة وأنماط التساقط. ويمكن أن يكون تأثير مثل هذه التغيرات على انتاج الغذاء ضاراً وقاسياً وخاصة بالنسبة للدول التى

تمارس نوعاً من الزراعة الهامشية. ولهذا السبب وغيره من الأسباب فأن توقع حدوث تعديلات وتغيرات فى مناخ العالم من جانب الإنسان أمر يجب أن يؤخذ فى الحسبان ويجدية بالغة.

وإذا كان التغير المناخى المتوقع سيصبح أمراً ملموساً، فإنه يصبح من الضرورى فى هذه الحالة أن نغير سلوكنا تجاه استخدام الوقود الحفرى. وإذا ما كانت الوسائل العملية الخاصة بضبط نفايات ثانى أكسيد الكربون غير متاحة فى الوقت الحاضر، فإنه لا مفر من ممارسة أى ضبط يودى إلى تقليل اطلاق ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى. ومما يدعوا للجدل فى مواجهة التغير المناخى غير المؤكد أن الموقف العاقل يتمثل فى حرية العمل. ولكن لسوء الحظ أن التخلص الطبيعى من آثار استهلاك وقود حفرى لمدة قرن من الزمان قد يستغرق حوالى مليون سنة تقريباً. ولهذا السبب لو تأجل اتخاذ مثل هذا القرار حتى نستشعر تأثير التغيرات التى يصنعها الإنسان، فإن ذلك سيؤدى حتما إلى فناء العالم كله لا محالة.

نمو السكان والطاقة

على الرغم من أنه لم يتضح حتى الآن أية آثار مناخية ملموسة على نطاق العالم رغم مضاعفة استخدام الطاقة من جانب الانسان عدة مرات منذ الانقلاب الصناعى، إلا أنه يجب أن ينظر الى مستقبل هذه العلاقة بأهمية بالغة. ومن ثم تصبح تقديرات أعداد سكان العالم فى المستقبل، ومستقبل مصادر الطاقة واستخداماتها أساسية لتقدير مثل هذه الآثار المناخية المتوقعة مستقبلا. وقد أخذ المتخصصون على عاتقهم العمل على تحقيق مثل هذه التقديرات والتى تعد نقطة انطلاق معقولة للتحليل والتكهن بالعلاقة بين كل من نمو السكان من ناحية، واستمرار الحاجة لمزيد من الطاقة بصورة أكثر وأكثر من ناحية ثانية.

ويعتقد جمهور العلماء أن عدد سكان العالم سيبلغ مع اقتراب نهاية القرن الحادى والعشرين نحو عشرة آلاف مليون نسمة وسيبلغ مجموع استهلاك الطاقة أكثر من خمسة أمثال الحجم الاستهلاكى الحالى ومما يدعوى للدخول فى مصادر الوقود الحفرية وبصفة خاصة الفحم هى التى ستتحمل عبء تزويدنا بمعظم هذه الطاقة. وسيصبح الانتاج السنوى للحرارة وثانى أكسيد الكربون على هذا الأساس أكثر من خمسة أمثال المستويات الحالية، بينما تبلغ كمية الانتاج السنوى للجسيمات الدقيقة (بسبب الحاجة لاستخدام

مصادر وقود حفزية أكثر تلوّناً) أكثر من ٢٠ مرة بالنسبة للقيم الحالية لها، ولهذا سيساهم الإنسان في إطلاق كمية ضخمة جداً من الحرارة، ومع هذا ستظل هذه الكمية جزءاً ضئيلاً بالقياس الى طوفان الطاقة الشمسية سواء على المستوى العالمى أو الاقليمى، وأن كان تركيز مثل هذه الحرارة يمكن أن يكون كبيراً على المستوى المحلى. واذ كان انتاج الجسيمات الدقيقة كبيراً جداً، فليس هناك سبباً يدعونا أن نتوقع بأن إطلاق هذه الجسيمات فى البيئة سيكون كبيراً بنفس الدرجة. بل على العكس فأن هناك أكثر من سبب يدعو الى افتراض أن الوسائل الحالية لضبط كمية الجسيمات الدقيقة ستتطور بدرجة عالية. اذ أن تزايد إطلاق الجسيمات بمعدل يبلغ ٢٠ ضعفاً بالقياس للمستوى الحالى، سيكون بالتأكيد أمراً غير محتمل بسبب خطورته على صحة الإنسان.

وقد استطاع بعض المتخصصين أن يحسب كمية الطاقة المستخدمة عام ١٩٧٣ والتي بلغت ما يعادل ٧.٦ ألف مليون طن متري من الفحم. وتعادل هذه حوالى ٠.١٪ من كمية الاشعاع الشمسى الذى تستقبله الأرض. وتشير الأرقام التى تقدر لسنة ٢٠٧٥ الى أن مجموع الطاقة المستخدمة بواسطة الانسان ستبلغ ٧٦ ألف مليون طن متري من الفحم أى حوالى ٠.١٪ من الطاقة الشمسية الداخلة. وإذا كان التأثير المناخى بالحرارة المضافة سيكون صغيراً على المستوى العالمى، فأن هذا التأثير ربما يكون كبيراً على المستوى المحلى. ففي اليابان على سبيل المثال تقدر الحرارة التى تنبعث من استخدامات الانسان للطاقة بحوالى ٢.٦٪ من كمية الاشعاع الشمسى التى يتم امتصاصها عند سطح الأرض، وتبلغ هذه النسبة فى غرب أوروبا حوالى ٠.٦٪. وحتى مع زيادة السكان الى حوالى ٢٠ ألف مليون نسمة وارتفاع معدل استخدام الفرد للطاقة بما يعادل ١٠ أمثال المتوسط العالمى الحالى (ضعف المتوسط فى الولايات المتحدة ١٩٧٥). فإن مجموع الطاقة المستخدمة ستبلغ ما يعادل ٤٠٠ ألف مليون طن متري من الفحم. أو ٠.٣٪ فقط من مجموع الاشعة الشمسية الممتصة من قبل الأرض. وتشير نماذج الدورة المناخية العامة الحالية أنه اذا ما توزعت الحرارة المنطلقة توزيعاً عادلاً على سطح الأرض فأن الزيادة المتوقعة فى متوسط حرارة الطبقات السطحية من الغلاف الجوى على العالم ستبلغ ٠.٦°م ولكنها ربما تتراوح بين ٢° - ٣°م فيما وراء دائرتى عرض ٥٠° شمالاً وجنوباً فى اتجاه القطبين.

أكبر كارثة طاقة في القرن العشرين

حدثت إحدى أكبر كوارث التلوث الجوى في القرن العشرين نتيجة لاشتعال النيران في عدة مئات من آبار النفط في الكويت في بداية العقد التاسع من القرن العشرين الماضي. وبالرغم من صعوبة التوصل إلى معلومات دقيقة حول وضع السحابة الدخانية السوداء التي تشكلت بسبب احتراق النفط، تشير التقديرات إلى أن النيران في حوالي ٥٠٠ - ٦٠٠ بئر نفطية في الكويت، وإلى أن السحابة غطت شريط وأجزاء من جنوب العراق وغرب إيران وشرق السعودية والبحرين، الأمر الذي جعل المشكلة إقليمية تمتد آثارها عبر الدول المجاورة للكويت، وقد أثرت أيضاً بشكل غير مباشر على مناطق أبعد صلت إلى الهند وشرق أفريقيا وجنوب أوروبا. وقد لوحظ، على سبيل المثال، سقوط أمطار سوداء في كل من إيران وجنوب تركيا وسقطت نوح «سوداء» على جبال الهملايا شمال الهند.

وقدّرت كمية النفط المحترقة بأربعة ملايين برميل يومياً. أما كميات الهباء الجوى Aerosols الناشئ عن الحرائق فقدت بنحو ٥٠٠ ألف طن في الشهر. وقد سببت هذه الحرائق، حسب اعتقاد عدد كبير من العلماء، أكبر كارثة تلوث جوى في القرن العشرين. وشبه أخذ خبراء برنامج الأمم المتحدة للبيئة هذه الكارثة بكارثة تشيرنوبل. وذكرت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية أن عشرات ملايين الأمتار المكعبة من الغازات انبعثت يومياً من الآبار المشتعلة. واعتقد بعض الخبراء أن استمرار اشتعال النيران في آبار النفط لمدة أربعة أشهر سيؤدي إلى تشكيل سحابة سوداء فوق منطقة مساحتها أربعة ملايين كيلومتراً مربعاً، الأمر الذي نشأ عنه انخفاض درجة الحرارة في تلك المنطقة عن معدلها المعتاد في مثل هذا الوقت من كل عام. وكان لإستمرار اشتعال الآبار عواقب وخيمة وأثار بيئية بعيدة المدى، أي أنها قد أثرت على نمط المناخ العالمي محدثة أضراراً جسيمة على طبقة الأوزون ودرجات الحرارة للعالمية.

ومع أن الآثار البيئية لاحتراق آبار النفط شكلت كارثة لا مثيل لها على الكويت وبعض المناطق المجاورة لها، إلا أن التأثير على البيئة في الدول المجاورة يعد أقل خطورة بشكل كبير. فكتافة الدخان تنشت بفعل الرياح كلما ابتعدت السحب عن مراكز الاحتراق، مما يقلل بحدّة الآثار السلبية لهذه السحب. وقد أظهرت النتائج الأولية لدراسة أمريكية حديثة حول آثار التلوث في الخليج أن الغازات السامة الناجمة عن احتراق حقول النفط الكويتية لم تصل إلى مستويات خطيرة خارج الكويت. لكن مما يزيد من خطورة

التلوث الجوى الناتج عن الحرب أن إطفاء آبار النفط المحترقة في الكويت احتاج إلى فترة طويلة زادت عن السنة. فمن ناحية كان يجب التخلص من الأنعام المحيطة بهذه الآثار، كما أن إرسال رجال الإطفاء مع معداتهم الضخمة قد احتاج إلى شهرين، حيث أن كل بدر تطلب بين ١٠٠ - ١٥٠ ألف طن من المياه لإطفائه.

وتكونت السحب الدخانية الناتجة عن احتراق آبار نפט الكويت من مركبات وغازات ملوثة للهواء مثل ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون وعشرات المركبات الهيدروكربونية متعددة الحلقات التي تعد مسرطنة. ويؤدى استنشاق هذه الغازات والجسيمات إلى أضرار صحية. وتكمن خطورة الجسيمات الدقيقة الناتجة عن احتراق النفط في حجمها، إذ أن صغر حجمها الذى يقل عن ١٠ ميكومتراً (الميكومتر يساوى ٠,٠٠٠٠٠١ ملليمتر) يجعلها قادرة على دخول الرئتين والحويصلات الهوائية والتأثير على الجهاز التنفسى.

ويمكن أن يؤدى اشتداد حدة تلوث الجو إلى الإصابة بأمراض الرئة والقلب على المدى الطويل. كما يؤدى التلوث إلى نسم الطعام والمياه ومن ثم تعريض من يتناولهم إلى الأمراض. وتقل حدة التلوث البيلى بالطبع مع ابتعاد المنطقة عن الآبار المحترقة. إلا أن كثافة التلوث في الدول المجاورة أقل كثيراً منها في الكويت. لذلك فإن الأضرار الصحية للسحابة الدخانية تعد محدودة في تلك المناطق. فالأطفال وكبار السن قد يتعرضون لضيق في التنفس نتيجة للتلوث، وقد يتعرض البعض لنوبات حساسية شبيهة بحالات الربو إضافة إلى حدوث زيادة في الأمراض القلبية. كما أن الجسيمات الدقيقة في الهواء تهيج الغشاء المخاطى للجهاز التنفسى، مما يؤدى إلى الإصابة ببعض الأمراض التنفسية المزمنة مثل الربو والسعال الحاد.

من جهة أخرى يعد نפט الكويت غنياً بمادة الكبريت، التي تشكل نسبة ٢,٥ في المائة منه. واحتراق ٤ ملايين برميل يومياً لمدة عام كامل قد أدى إلى إنتاج حوالى خمسة ملايين طن من ثانى أكسيد الكبريت وإطلاقها في الغلاف الجوى، إضافة إلى حجم مماثل من أكاسيد النيتروجين التي قد تؤدى إلى سقوط أمطار حمضية. إلا أن تأثير الأمطار الحمضية في الكويت والمناطق المجاورة لها يعد محدوداً عموماً بسبب ندرة الأمطار من ناحية ولأن الطبيعة القاعدية للتربة تقلل من التأثيرات السلبية للأمطار الحمضية التي تتعادل معها من ناحية أخرى.

وفيما يتعلق بمدى التأثير الأيكولوجي لاشتعال آبار النفط، مازال هناك جدل بين العلماء حول ما إذا كانت الآثار ستحدث تغيرات في أنماط المناخ والثلوث في الغلاف الجوى. ولكن مدى اتساع رقعة التلوث الجوى يعتمد على مدى الارتفاع الذى تصله الأدخنة. فإذا قدر للدخان أن يصل إلى طبقات الجو العليا فإنه سيبقى هناك لفترة طويلة قد تصل إلى سنوات، فضلاً عن دخوله ضمن دورة التيارات الهوائية العليا بحيث يعم تأثيره على جميع أنحاء العالم. أما إذا كان الارتفاع الذى تصل إليه الأدخنة منخفضاً فأغلب الظن أنه سيعود فى فترة زمنية وجيزة إلى الأرض ويصبح تأثيره محلياً.

ويبدو أن الدخان لم يصل إلى الارتفاعات العليا التى تنبأ بها بعض علماء المناخ والبيئة، لذلك فإن معظم التأثيرات البيئية لاشتعال النفط الكويتى من المرجح أن تكون محلية ومحصورة فى المناطق المجاورة. لكن تخوف بعض العلماء من أن تؤدى حركة الرياح إلى نقل كتل السحب الدخانية السوداء غرباً ونشر التلوث فوق سماء القارة الإفريقية الأمر الذى قد يفاقم من أوضاع المجاعة فى بعض الدول مثل السودان وأثيوبيا.

كما أن كثافة السحب الدخانية قد أدت إلى حجب الشمس ومن ثم انخفاض معدلات وصول أشعة الشمس إلى سطح الأرض مما يسبب انخفاض درجات الحرارة. وشبه بعض العلماء حالة الجو فى الكويت نتيجة لاحتراق مئات آبار النفط بالشتاء النوى الذى تخيل العلماء حدوثه نتيجة لحرب نووية، حيث يؤدى الغبار المتطاير إلى تشكيل سحب كثيفة تمنع أشعة الشمس من اختراقها، فيعم الظلام والبرد لقرات طويلة قد تؤثر على أنماط المناخ وتدمر الزراعة على الأرض. إلا أن مثل هذه الحالات حدثت فقط فى مناطق اشتعال آبار النفط حيث حجبت السحابة السوداء أشعة الشمس وتحول النهار إلى ظلام دامس نتيجة لكثافة الدخان المتصاعد من الآبار المشتعلة. ويشير بعض العلماء إلى احتمال هبوط معدل درجة حرارة الجو فى منطقة الكويت عدة درجات مئوية. ويؤثر هذا الأمر سلبياً على الإنتاج الزراعى وبالتالي تراجع كميات المحاصيل المنتجة. إلا أن علماء البيئة والمناخ يستبعدون فى الوقت الحالى أن يكون لاحتراق آبار النفط فى الكويت آثار مناخية طويلة المدى.

من ناحية أخرى خشى خبراء البيئة والمناخ من أن تسبب الكمية الضخمة من غاز ثانى أكسيد الكربون والأكاسيد الأخرى المنبعثة من الآبار المشتعلة إلى المساهمة فى ظاهرة الدفينة أو البيت الزجاجى (أى ارتفاع معدل درجات الحرارة على سطح كوكب

الأرض). وتعد ظاهرة الدفيلة - التى تسمى أيضاً بالاحتباس الحرارى التى ستأتى دراستها بالتفصيل فى الفصل الثالث (الفصل الثامن) - ذات آثار خطيرة على البيئة، فهو. تؤدي إلى ذوبان الثلوج وارتفاع مستوى مياه المحيطات والبحار وإغراق مساحات ساحلية شاسعة، إضافة بالطبع إلى آثارها السلبية على عملية "نتاج الغذائى. لكن رغم وجود بعض خبراء المناخ الذين يعتقدون باحتمال مساهمة اشتعال آبار النفط فى ظاهرة الدفيلة، يؤكد معظمهم أن آثار هذه الحرائق على المناخ العالمى ستكون محدودة.

تلوث الهواء Air Pollution

يحدث تلوث الهواء بأنواعه المختلفة وبصورة رئيسية فى طبقة التروبوسفير ويمتد قليلاً إلى الجزء الأدنى من طبقة الاستراتوسفير. ومن المعروف أن الهواء الجوى خليط من عدة غازات أهمها الأكسوجين والنيتروجين بالإضافة إلى غازات أخرى توجد بنسب أقل مثل ثاني أكسيد الكربون وبعض الغازات الخاملة، مثل الهليوم والنيون والأرجون والكربتون بالإضافة إلى بخار الماء. ويمكن أن نعد الهواء ملوثاً عند اختلال نسب هذا الخليط أو بدخول غازات أو جسيمات غريبة. ولم تظهر هذه المشكلة إلا فى أعقاب التطور الصناعى والتكنولوجى.

ويحدث تلوث الهواء عندما تدخل جسيمات عضوية أو غير عضوية إلى الهواء الجوى وتشكل أضراراً على عناصر البيئة، ونتيجة التغير الكمى والنوعى الذى يطرأ على تركيب عناصر النظام البيئى، فإن النظام البيئى يصاب بعدم الكفاءة وحدوث خلل أو شلل تام به. ويعد تلوث الهواء أكثر أشكال التلوث البيئى انتشاراً نظراً لسهولة انتقاله من منطقة إلى أخرى فى فترة زمنية قصيرة، ويؤثر تلوث الهواء على الإنسان بإصابته بأمراض كثيرة وبالتالي تنخفض كفاءته الإنتاجية، كما ترتفع معدلات الوفيات بسبب زيادة الأمراض المرتبطة بزيادة معدلات تلوث الهواء. كما يقل تلوث الهواء من الإنتاجية الزراعية بالإضافة إلى التغيرات المتوقعة على المناخ العالمى حيث زيادة الغازات ذات التأثير الصوبى إلى احتباس حرارة كوكب الأرض، وما يتبع ذلك من تغيرات متوقعة فى مستويات البحار، وما ينتج عنه من غرق للمناطق الساحلية، وكذلك يؤثر ارتفاع الحرارة على تخريب نظم الزراعة الحالية ومعدل انتشار الأوبئة والأمراض.

وتنقسم مصادر تلوث الهواء إلى مصدرين أساسيين هما: •

(١) المصادر الطبيعية

وهي المصادر التي تتم بفعل الطبيعة أو مكونات البيئة مثل الغازات التي تنبعث من البراكين، والغازات الطبيعية التي تتكون في الهواء وغاز الأوزون المنتج طبيعياً أو الغبار وغيرها من المصادر الطبيعية والتي لا دخل للإنسان بها.

(٢) المصادر البشرية

وتتمثل هذه المصادر في الملوثات الصناعية، وقد زاد تأثير المصادر البشرية على البيئة بصفة عامة وتلوث الهواء بصفة خاصة بعد الثورة الصناعية وما تبعها من توسع في إنتاج واستغلال الوقود الحفري، وهذه الأنشطة تضيف غازات ومواد كثيرة إلى النظام البيئي الأمر الذي يؤدي إلى بلوغ الحد الحرج وبالتالي تدهور القدرة الاستيعابية لعناصر النظام.

وينتج تلوث الهواء من مصادر بشرية مختلفة أهمها احتراق الوقود لإنتاج الطاقة اللازمة سواء للتسخين أو لتشغيل المركبات كالسيارات والطائرات والسكك الحديدية، إضافة إلى الغازات الصادرة الناتجة من المصانع المختلفة كالمصانع الكيماوية والحديد والصلب والأسمدة وغيرها، وأخيراً التلوث الناتج من تشغيل محطات القوى الكهربائية.

ويقاس مدى التلوث بمقدار ما يحدث من تغير في تركيب الهواء واختلاطه بالغازات الصادرة والتي تؤثر على حياة كافة الكائنات. والغازات الصادرة المسببة للتلوث تشمل غازات أول وثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين وأبخرة بعض الفلزات السامة مثل الرصاص.

تلوث الهواء بأول أكسيد الكربون

يُحيز هذا الغاز بانعدام اللون والرائحة ودرجة السمية العالية حيث يتكون نتيجة الاحتراق غير الكامل للوقود في السيارات وفي بعض الصناعات مثل صناعة الحديد والصلب وصناعة لب الخشب. وعندما يتنفس الإنسان الهواء الملوث بغاز أكسيد الكربون فإنه يؤدي إلى إقلال نسبة الهيموجلوبين الموجودة في الدم واللازمة لنقل الأكسجين اللازم لعملية التنفس وتولد الطاقة لجميع خلايا الجسم. وتجدر الإشارة في هذا الصدد إلى أن تدخين السجائر يحدث تلوثاً بالهواء من أول أكسيد الكربون الناتج عن التدخين.

تلوث الهواء بثاني أكسيد الكربون

ينتج هذا الغاز من الاحتراق الكامل للوقود، في وجود كمية وفيرة من الهواء،

كالخشب أو الفحم أو مقطرات البترول. وغاز ثاني أكسيد الكربون غاز خائف إلا أنه غير سام. وكمية ثاني أكسيد الكربون الموجودة في طبقة التروبوسفير تتوقف على الإثبات الكائن في دورة الكربون، التي تشمل انتقاله الدائم والمستمر خلال الهواء والماء في البحار والمحيطات والمحتويات العضوية الموجودة في التربة، ونظراً للنشاط المتزايد للإنسان سواء الناتج عن التقدم العلمي والصناعي له أو للزيادة العددية للسكان فإن نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون قد ارتفعت في الغلاف الجوي للأرض نتيجة احتراق الكميات الهائلة من مختلف أنواع الوقود المستخدمة في كافة وسائل المواصلات، إضافة إلى الإعتداء السافر للإنسان على الغابات، الطبيعية وإزالتها من الوجود كما يحدث في بعض بلاد أمريكا الجنوبية وفي بعض المناطق في قارة أفريقيا قد أسهم في زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء الجوي. وازدياد نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو يؤدي إلى امتصاص زيادة من الإشاعات الحرارية المنعكسة من سطح الأرض والاحتفاظ بها وأغلبها يتكون من الأشعة تحت الحمراء ذات الموجات الطويلة وبالتالي تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الجو عن المعدل المعتاد.

يتوقع العلماء أن الزيادة الهائلة والمستمرة لغاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وما يتبعه من ارتفاع في درجة حرارة الجو سيؤدي إلى ذوبان الجليد المتراكم في القطبين الشمالي والجنوبي لكوكب الأرض وفي قمم الجبال العالية. وبالتالي ارتفاع مستوى سطح الماء في البحار والمحيطات وفي النهاية إغراق الكثير من السواحل المنخفضة التي تقع على حواف القارات، وهذا يؤدي بطبيعة الحال إلى الإخلال الخطير في التوازن الموجودة بين كافة عناصر الطبيعة الأمر الذي يهدد الإنسانية جمعاء بالمواقب الوخيمة على كوكب الأرض.

دورة ثاني أكسيد الكربون

لقد زادت كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي (مقدرا بوزن الكربون) خلال ١١٠ سنة الماضية من ٧٢ إلى ٨٣ ألف مليون طن متري، أو ١١,٥ ٪ إلى ١٣,٥ ٪ من كمية الأشعاع الشمسي الذي يستقبله كوكب الأرض. وتحول في نفس الفترة حوالي ١٢٧ ألف مليون طن متري من الكربون الكامن في الوقود الحفري والحجر الجيري إلى ثاني أكسيد الكربون والذي انطلق نحو الغلاف الجوي (أسهمت صناعة الاسمنت بحوالي

٢٪ من هذه الكمية وجاءت النسبة الباقية ٩٨٪ من احتراق الوقود الحفري). كما أضافت البراكين حوالي ٤ آلاف مليون طن متري وهي كمية أقل من ٣٪ من كمية الكربون الذي يصنعه الإنسان. ولكن من المحتمل أن تسهم عملية تجوية الصخور في استبعاد كمية من ثاني أكسيد الكربون مساوية لما تطلقه البراكين. وقد أسهمت عملية إزالة الغابات والاحراج والمغانا والحشائش من أجل التوسع الزراعي بالإضافة الى التعديلات الأخرى التي أحدثها الانسان في الغطاء النباتي والتربة في اطلاق حوالي ٧٠ ألف مليون طن متري صافي من الكربون، ممثلاً في ثاني أكسيد الكربون الى الغلاف الجوي.

ومن الثابت علمياً أن كمية ثاني أكسيد الكربون التي تنطلق نحو الغلاف الجوي، يبقى بعضها عالماً في الجو والباقي تستوعبه الطبقات تحت السطحية من مياه البحار والمحيطات وكذلك نطاق المواد العضوية الأرضية (يتكون ٧٠٪ من كمية المواد العضوية في هذا النطاق، والتي تقدر بحوالي ٢٨٠٠ ألف مليون طن متري، من المواد العضوية الميتة - وميظلمها يمثل دويال التربة - وحوالي ٣٠٪ تتمثل في جذور وجذوع وسيقان وفروع وأوراق النباتات الخضراء، بالإضافة إلى الأوراق التي تنفضها الاشجار على سطح الأرض). وتشير التقديرات إلى أن ٤٠٪ من كمية ثاني أكسيد الكربون التي تنطلق الى الهواء يستوعبها نطاق المواد العضوية الأرضية، ٢٠٪ تستوعبها مياه البحار والمحيطات، ٤٠٪ تبقى عالقة في الهواء.

تشير التقديرات كذلك إلى أنه اذا ما استمر الوقود الحفري يمثل المصدر الرئيسي للطاقة في العالم طوال المائة سنة القادمة، فإن حوالي ٢٤٠٠ ألف مليون طن متري من الكربون ممثلة في ثاني أكسيد الكربون ستنطلق الى الهواء حتى عام ٢٠٩٠. وتقدر هذه الكمية بحوالي ٢٠ مثلاً للكمية المنتجة من الوقود الحفري حتى ثمانينيات القرن العشرين، وبحوالي أربعة أمثال ما كان قائماً في الغلاف الجوي قبل الانقلاب الصناعي. ومن المحتمل أن أكثر من نصف هذه الكمية سيبقى عالماً في الهواء. ويبدو هذا الاحتمال متناقضاً لأول وهلة على أساس أن المحيطات تحوى كربونات يقدر بحوالي ٦٠ مثلاً لما هو موجود في الهواء، والنطاق العضوي الأرضي يحوى تقريباً أربعة أمثاله على الأكثر. هذا على فرض أن تقسيم كمية ثاني أكسيد الكربون المضافة بين الغلاف الجوي والمحيطات ونطاق المواد العضوية الأرضية يتم بنفس الكميات الموجودة في الوقت الحاضر. ولكن مما تجدر الإشارة إليه أن كمية ثاني أكسيد الكربون التي يمكن أن

تستوعبها المحيطات، تصبح محدودة بالقياس لما هو مفروض نتيجة لقلة كميات ايونات الكربون في مياه المحيطات. وبالتالي تضعف قدرة ثاني أكسيد الكربون على الذوبان في الماء، ويشبه الغلاف الحيوى بدوره المحيطات في قدرته المحدودة على استيعاب الكربون نتيجة للتوازن بين عملية التمثيل الضوئى وتأكد المواد العضوية.

وبسبب الطبيعة الطباقية الجيدة للمحيطات، فإن الحركة التبادلية الرأسية بين المياه السطحية والمياه العميقة تصبح بطيئة جداً. ولهذا فإنه على الرغم من أن نسبة اضافة ثاني أكسيد الكربون من الوقود الحفري ستستمر فى الزيادة بمعدلات كبيرة، ألا أن جزءاً محدوداً من جملة حجم المحيطات يمكن أن يمارس دورة كمناطق مستوعبة لنسبة كبيرة من ثاني أكسيد الكربون المضاف. وقد حسب أن بطء الحركة التبادلية الرأسية لمياه المحيطات بالاضافة الى القلة النسبية لتركز ايونات الكربون فى المياه السطحية - وهى كلها عوامل تقلل من فرص ذوبان الكربون فى الماء - يمكن أن يؤدى إلى ابقاء حوالى ٨٠٪ من كمية ثاني أكسيد الكربون المضاف خلال القرن القادم عالقاً فى الهواء. ولو حدث هذا فإن درجة تركيز ثاني أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى ربما تصبح فى ١٩٩٠ الثانى والعشرين فى حدود سبعة أمثال قيمته قبل الانقلاب الصناعى.

وقد نجح العلماء فى منتصف السبعينيات من القرن العشرين فى وضع نموذج مناخى ثلاثى الأبعاد للدورة العامة للغلاف الجوى، يكشف عن الآثار التى تنجم عن تضاعف ثاني أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى. وعلى الرغم من التسليم بأن هذا النموذج غير دقيق فى عدد من الجوانب الهامة إلا أنه يعد من أكثر الطرق المبتكرة اكتمالاً فى هذا المجال حتى الآن. ويتوقع هذا النموذج فى حالة تضاعف كمية ثاني أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى بارتفاع فى متوسط درجة الحرارة فى الطبقات الدنيا من الغلاف الجوى فى العروض الوسطى ما بين ٢ - ٣ مئوية، وزيادة فى كمية التساقط فى حدود ٧٪. هذا وترتفع درجة الحرارة فى المناطق القطبية بنحو ٣ - ٤ درجات مئوية. ويتوقع ضمناً زيادة درجة حرارة الجو فى حدود ٢ - ٣ مئوية مع كل تضاعف فى كمية ثاني أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى.

وعلى الرغم من أنه لم يظهر حتى الآن من المؤشرات ما يشير إلى أن التوليد المباشر للحرارة عن طريق انتاج واستهلاك الطاقة فى العقود القليلة القادمة يتسبب فى

ارتفاع متوسط درجة حرارة الكرة الأرضية بأكثر من ٠.٥°م، إلا أن هناك احتمالاً لوجود آثار هامة على مستوى المناخات المحلية. وإذا أمكن ضبط الزيادة المناظرة في حجم الجسيمات الدقيقة بصفة خاصة فإن أى زيادة منها في حمولة الغلاف الجوى سوف لا يترتب عليها الا تأثير طفيف فى المناخ على مستوى العالم.

وبناء على ما تقدم تصبح الآثار الناجمة عن التغيرات المناخية بسبب زيادة كمية غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء السبب الرئيسى فى الدعوة لضرورة الحد من انتاج الطاقة من الوقود الحفرى على مدى العقود القليلة القادمة. وتصبح الرغبة للقضاء على التغيرات المناخية الحافز لجهود أكبر فى مجال الصيانة والتحول السريع بصورة أكبر نحو مصادر طاقة بديلة بغض النظر عن المبررات الاقتصادية وحدها. اذ يمكن أن تتفاقم قدرة تأثير ثانى أكسيد الكربون على المناخ فى ظل تواجد كل من غاز الفلورين الكربونى والغازات الصناعية الأخرى. ومن ناحية أخرى يمكن للتذبذب الطبعى للمناخ من أن يزيد أو يقلل تأثير مثل هذه المؤثرات التى يصنعها الإنسان.

وإذا كانت العلاقات المتداخلة بين دورة الكربون والمناخ تكتنفها شكوك كبيرة فأننا يمكن أن نحدد مثل هذه الشكوك من خلال بذل جهد منسق وبترتيبات خاصة. وهنا يجب أن يعطى لاحتمال تغير المناخ نتيجة لإطلاق ثانى أكسيد الكربون عن طريق انتاج الطاقة من الوقود الحفرى اهتمامات كبيرة وعاجلة من جانب المنظمات والوكالات القومية والعالمية المعنية. ويصبح الأمر فى حاجة الى نوعين من العمل: أولاً، تنظيم برنامج أبحاث شاملة على مستوى العالم من ناحية، وثانياً انشاء مؤسسات جديدة من ناحية أخرى. ويتضمن برنامج الأبحاث الشاملة المقترح على مستوى العالم دراسات عن دورة الكربون والمناخ والتغيرات السكانية المستقبلية واحتياجات العالم من الطاقة والوسائل الكفيلة بخفض أثر التغير المناخى على انتاج الغذاء العالمى. وفيما يلى دراسة موجزة عن عناصر هذا البرنامج المقترح كل عنصر على حدة.

ثانى أكسيد الكربون والنظام الجوى - المحيطي - الحيوى،

يعد الفهم الجيد لكيفية تقسيم كمية الكربون بين الغلاف الحوى الأرضى والمحيطات والغلاف الجوى أمراً أساسياً، ويمكن أن نحصل عليه بالوسائل التالية:

أ - نحن في حاجة من وقت لآخر إلى إجراء قياسات عن نسبة التغيرات في كلا نظيرى الكربون الدالامين (ك ١٣، ك ١٢) في الغلاف الجوى لتحديد الحركة السافية للكربون بين الغلاف الجوى والغلاف الحيوى. ويمكن أن نحصل على نسبة هذه التغيرات في الماضى من خلال دراسة تقابع الحقة - فى جذوع الأشجار التى تقع فى مناطق مدزلة ود - بقدر الإمكان، عن المصادر البيولوجية أو الصناعية المولدة لثانى أكسيد الكربون. ولما كانت التقديرات فى نسبة ك ١٣، ك ١٢ على ضوء قياس معامل تدخل نظيرية عشوائية تغيرات صغيرة شأن الأمر يحتاج بالتالى إلى قياسات كثيرة فى المواقع الجغرافية على نطاق واسع.

ب - يجب أن نقيم تقديرنا السابق عن الأراضى التى يتم تطهيرها سنوياً من غطائها النباتي من أجل الزراعة والرعى، أص لاخرى. ويمكن الحصول على هذه التقديرات ابتداء من عام ١٩٧٢ وما بعده من طريق إحصاءات الموارد الأرضية التى تسجلها الأعمار الاصطناعية. أما التقديرات عن الفترة السابقة لعام ١٩٧٢ فيمكن الحصول عليها من خلال إجراء دراسة تاريخية إحصائية عن تطور نمو المساحات المزروعة فى كل القارات منذ بداية القرن التاسع عشر.

ج - يجب أن ندم محاولات تقدير حجم التغيرات فى مساحة الغابات فى اسحاء العالم ونصغة خاصة فى المناطق المدارية وشبه المدارية، وتمثل الاخشاب ممثلة فى الأشجار الحية العنصر الرئيسى لهذه الكتلة النباتية، ونستطيع من خلال قياس نباين كثافة الحلقات المتتابعة للشجرة أن نتعرف على التغيرات فى معدل صافى الانتاج الأولى للأشجار، على الأقل بالنسبة للعروض المعتدلة. وتصبح دراسة تقابع الحلقات للكثير من الأشجار (لعدة آلاف) أمراً ضرورياً كعينة مناسبة. كما يجب أن نبذل الجهود أيضاً فى أوقات مختلفة لتقدير كمية الأوراق والأعضاء الأخرى للأشجار تلك التى تشارك فى عملية التمثيل الضوئى، كذلك معدل سقوط الأوراق والأغصان الميتة من الأشجار.

د - ينبغي عمل تقديرات متطورة عن نسبة دويال التربة والذى ينطلق منه بدوره ثانى أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوى. ولهذا يجب أن تحدد التغيرات فى كمية الدويال فى الأراضى الزراعية والمساحات الأخرى التى تم تطهيرها. كما أننا نحتاج إلى

التعرف على التوزيع الحالي لدوبال التربة على مستوى العالم ليستخدم كأساس للمقارنة مع القياسات المستقبلية.

هـ - ينبغي أن نحصل على متوسطات القيم الشهرية المقارنة للضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي من خلال القياسات المستمرة في عدد من المحطات التي يتم اختيار مواقعها بعناية على مدى دوائر العرض المختلفة في كلا نصفي الأرض. ولعل من أحد الأهداف الرئيسية لمثل هذه القياسات في شبكة المحطات المذكورة، هو دراسة التغيرات التي تحدث في كمية ما يحمله الهواء من غاز ثاني أكسيد الكربون من سنة لأخرى نتيجة لاحتراق الوقود الحفري وتطهير الأرض من غطائها النباتي.

وقد تبين أن هذه التغيرات ترجع إلى تذبذب انطلاق ثاني أكسيد الكربون من طبقة المياه السطحية من المحيطات، وسوف تعطينا مثل هذه التغيرات رؤية أوضح عن ذي قبل عن دور العمليات المحيطية في تقسيم ثاني أكسيد الكربون بين المحيطات والغلاف الجوي.

و - يمكن أن نحصل على رؤية أكثر بعدا عن دور هذه العمليات بقياسات متتالية في أوقيات معينة لكمية ثاني أكسيد الكربون والضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون للمياه السطحية وتحت السطحية في شبكة محطات لمراقبة هذه العمليات على مستوى العالم. وبطبيعة الحال تختلف هذه القياسات اختلافا كبيرا نتيجة لاختلاف العمليات البيولوجية المحلية والعمليات المحيطية الأخرى. ومن ثم يصبح من المتعذر الاستفادة من هذه القياسات في تفهم مشكلة ثاني أكسيد الكربون العالمية. ويصبح من المرغوب فيه القيام بمزيد من التحليل لهذا النمط من القياسات.

ز - كما نحتاج إلى تقديرات متطورة عن كمية ثاني أكسيد الكربون المنطلقة نتيجة لاحتراق الوقود الحفري. ولهذا يجب أن تستكمل الإحصاءات العالمية الخاصة بكمية استهلاك الوقود الحفري بتقدير كمية الكربون في الوقود المستهلك كل سنة. ولما كانت تقديرات استهلاك الوقود يعبر عنها بكمية الطاقة وليس بكمية الكربون، فإن كمية ثاني أكسيد الكربون المنطلقة وغير المؤكدة في الوقت الحاضر تتراوح بين ١٠٪ إلى ١٥٪ من كمية الطاقة المستخدمة.

ح- يجب أن نتم سلسلة من القياسات عن انتشار غاز التريتيوم الناجم عن تجارب الأسلحة النووية التي تتم على فترات في المياه تحت السطحية للمحيطات مرة كل خمس سنوات. ويبدو أن مثل هذه القياسات لتوزيع غاز التريتيوم في المحيطات والتي تتم في أوقات متباعدة، تعد من أكثر الوسائل التجريبية كفاءة لدراسة عمليات المزج (الخلط الأفقي والرأسي والدوامي) في الألف متر العلوية تقريباً من مياه البحار والمحيطات. وتعد مثل هذه العمليات على درجة كبيرة من الأهمية في تقدير تقسيم كمية ثاني أكسيد الكربون المنبعث من الوقود الحفري بين المحيطات والغلاف الجوي.

ط- يمكن أن نحصل بصفة أساسية، من حيث المبدأ على فحص مستقل عن عمليات تغليب مياه المحيطات لو أن أثر التناقص في محتويات الكربون الإشعاعي من الغلاف الجوي من بداية القرن التاسع عشر حتى عام ١٩٥٠ نتيجة حقن الغلاف الجوي بالكربون ١٤ من ثاني أكسيد الكربون المنطلق من الرقود الحفري إلى الغلاف الجوي كان معروفاً بدقة أكثر. إذ تبلغ درجة الشك في أثر هذا التناقص في حدود ١٥ ٪. ولهذا فنحن في حاجة إلى قياسات أكثر وأكثر للكربون ١٤ في حلقات مجموعة من الأشجار تختار مواقعها بعناية لتغطي الفترة من عام ١٨٠٠ حتى عام ١٩٥٠.

ي- كما يجب أن تعطى للملاحظات التالية مزيداً من الاهتمام في الدراسات المستقبلية ولكن بدرجة أقل من التوصيات السابقة الخاصة بثاني أكسيد الكربون. وهذه الملاحظات هي: الاهتمام بجمع العلاقات الخاصة بمعدلات التبادل بين المياه المتغلطة داخل الصخور الجيرية ومياه الأعماق التي تتركز فوق هذه الصخور لأنها ستعدنا بتفديرات أفضل عن المعدلات المحتملة لذويان كربونات الكالسيوم وما يصاحبه من زيادة معادلة في قدرة المحيطات على استيعاب ثاني أكسيد الكربون؛ كما أننا في حاجة إلى بيانات أكثر عن توزيع الأرجوانيت (أكثر نوعي كربونات الكالسيوم البلورية ذوباناً) في الصخور الرسوبية الجيرية الضحلة والعميقة للوصول إلى تقديرات أفضل عن إمكانية ذوبان كربونات الكالسيوم؛ ويمكن أن نقرر بصورة مباشرة عن طريق قياس التغيرات في قلوية مياه المحيطات ما إذا كان ذوبان

كربونات الكالسيوم قد حدث فعلاً، وإذا حدث فعلياً فالى أى حد. ومما تجدر الإشارة إليه أن هناك طرقاً جديدة بالغة الدقة لقياس القلوية فى حدود جزء واحد فى العشرة آلاف، وهى مماثلة لنسبة تغير ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى فى حدود ٠.٠٠١ ٪. وأخيراً، يمكن أن نقلل من كمية ثانى أكسيد الكربون داخل نظام الغلاف الجوى والمياه المحيطية لو تزايدت سرعة معدل تساقط المواد العضوية الدقيقة من الطبقة تحت السطحية الى مياه المحيط العميقة. وهذا أمر يمكن لو زاد انتاج التمثيل الضوئى للمواد العضوية فى مياه المحيط القريبة من السطح. ولما كانت درجة التمثيل الضوئى فى هذه المياه تتحكم فيها كميات مركبات الفسفور والنيتروجين المذابة، فإنه ربما يصبح فى الامكان مستقبلاً أن نقوم بنشر كمية كبيرة من مركبات الفسفور والنيتروجين الاصطناعية فوق مساحات واسعة من المحيطات بتكلفة أقل نسبياً إذا ما قورنت بالتكلفة الكلية لثانى أكسيد الكربون الناتج من مصادر الوقود الحفري. ويمكن أن نتعرف على تأثير هذه الطريقة بالقياسات المقارنة لمعدل سقوط المواد العضوية فى كلا المناطق المحيطية ذات القدرة الانتاجية العالية وغير المنتجة. وبصفة أساسية سيؤدى تسميد مياه المحيطات بعشرة ملايين طن من الفسفور الى انتاج كمية من مركبات الكربون العضوى التى تهوى نحو الاعماق فى حدود ٣٠٠ مليون طن متري.

تلوث الهواء بثانى أكسيد الكبريت

يتجيز هذا الغاز برائحته النفاذة وخواصه التآكلية حيث ينتج من مصادر طبيعية مثل البراكين وينابيع المياه الكبريتية وتحلل المواد العضوية الكبريتية. وينتج كذلك بفعل احتراق الوقود الحفري مثل الفحم والبتترول حيث يتأكسد ما به من كبريت إلى ثانى أكسيد الكبريت إضافة إلى غاز ثانى أكسيد الكربون، كذلك يتكون هذا الغاز فى مصانع تكرير البترول واستخلاص بعض المعادن مثل النحاس وفى صناعة إنتاج لب الخشب وإنتاج الطوب.

ويؤدى التعرض لاستنشاق هواء ملوث بغاز ثانى أكسيد الكبريت إلى الإصابة بالكثير من الأمراض التنفسية والتى لها تأثير ضار على الصحة العامة. ويتحد ثانى أكسيد الكبريت بأوكسجين الهواء منتجاً غاز ثالث أكسيد الكبريت والذى عند ذوبانه فى بخار

الماء الموجود فى الهواء يعطى حَامِضاً قوياً هو حامض الكبريتيك والذى ينتشر بدوره فى الهواء ويبقى معلقاً به على هيئة رذاذ والذى يتساقط بعد ذلك على سطح الأرض مع الأمطار ومع الجليد مما يؤدى إلى تلوث التربة الزراعية ومياه الأنهار والبحيرات العذبة . وبالتالى الأضرار بحياة كافة الكائنات الحية من إنسان و حيوان ونبات .

ويؤدى التلوث بغاز ثانى أكسيد الكبريت إلى حدوث ظاهرة الأمطار الحامضية (Acid Rain) والتي تحدث بكثرة فى أجواء المناطق الصناعية وخاصة فى الدول الأوروبية وفى أمريكا الشمالية، سيأتى ذكرها فيما بعد بالتفصيل . وقد أدت هذه الامطار الحامضية إلى إلحاق الضرر بالغابات فى السويد والتي تعد من أهم المصادر الطبيعية لإنتاج لب الخشب والذى يستخدم فى صناعة الورق .

وقد لوحظ أن زيادة التلوث بغاز ثانى أكسيد الكبريت يؤدى إلى إلحاق الضرر بالكثير من المباني والمنشآت، كما يسبب تآكل التماثيل المصنوعة من المعادن والتي تقام بالميادين فى الكثير من المدن . وللحفاظ على صحة الإنسان وكافة الكائنات من حيوان ونبات من الآثار السيئة لهذا الغاز فقد وضعت الكثير من الدول القوانين والتشريعات الخاصة بتحديد نسبة الكبريت المصرح بها فى مختلف أنواع الوقود مثل الفحم والجازولين والسولار والديزل والمازوت وغيرها .

تلوث الهواء بأكاسيد النتروجين

تتكون أكاسيد النتروجين باتحاد غاز الأوكسجين مع النتروجين . وهى تشمل أكسيد النتريك ، وهو غاز شفاف عديم اللون . وثانى أكسيد النتروجين وهو غاز له رائحة نفاذة وذو أثر سام ، وهذه الأكاسيد تحدث تلوثاً للهواء عندما تتكون نتيجة احتراق الوقود مثل الفحم أو الجازولين والسولار أو الديزل والمازوت والمحوية على نسبة صغيرة من المركبات العضوية النتروجينية بالإضافة إلى تكوينها خلال بعض العمليات الكيماوية داخل المصانع .

وتتكون أكاسيد النتروجين أيضاً فى طبقات الجو العليا بواسطة التفاعلات الكيماوية الضوئية . وتمتزج هذه الأكاسيد ببخار الماء الموجود فى الجو معطية حامض النتريك وتساهم أكاسيد النتروجين مع غاز ثانى أكسيد الكبريت فى تكوين الأمطار الحامضية . كما تنتشر هذه الأكاسيد فى الطبقات العليا من الغلاف الجوى حيث تصل إلى طبقة الأوزون والتي تحمى سطح كوكب الأرض من التأثيرات الضارة للأشعة فوق

البنفسجية الصادرة من الشمس، حيث تحدث بعض التفاعلات الكيميائية الضوئية في طبقة الأوزون مما يسبب الكثير من الأضرار لكافة الكائنات الحية وخاصة الإنسان وإصابته بأخطر الأمراض.

تلوث الهواء بمركبات الرصاص

في القرن العشرين المنصرم وما تبعه من تقدم علمي وتكنولوجي ونظراً للزيادة الهائلة في أعداد السكان وخاصة في المدن المزدهمة والتي تزخر بكافة وسائل النقل والمواصلات وما تحدثه من تلوث هائل بالهواء نتيجة احتراق الوقود في محركات السيارات، تنطلق كميات هائلة من الغازات الضارة مثل أول وثاني أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت والنيتروجين بالإضافة إلى بخار المواد الهيدروكربونية والتي لم تتأكسد داخل محركات السيارات. وعندما تتعرض هذه الغازات التي تنطلق بصورة مستمرة ليلاً ونهاراً داخل المدن للأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس يحدث تفاعل كيميائي ضوئي ينتج عنه تكوين ما يعرف بالضباب المخلط بالدخان القاتم اللون أو ما يعرف باسم «الضبخان» Somg والذي يبقى معلقاً في الجو لفترات طويلة فوق هذه المدن والتي تعاني كثرة السكان. ويسبب هذا الضباب الكثير من الأضرار الصحية لسكان هذه المدن. ويشاهد هذا الضباب المدخن في الكثير من المدن الكبرى والمزدهمة بالسكان وكافة وسائل النقل والمواصلات مثل مدينة نيويورك ولوس أنجلوس بالولايات المتحدة الأمريكية وكذلك مدن القاهرة ولندن وطوكيو والمكسيك.

ولأن يقتصر التلوث الناتج من عوادم السيارات على احتوائه لكل الغازات الضارة السابق ذكرها فقط بل هناك ملوثاً آخر له آثار ضارة خطيرة على صحة الإنسان وهو الرصاص. ومن المعروف أن شركات تكرير البترول تضيف إلى الجازولين المستخدم وقوداً للسيارات مادة رابع إيثيل الرصاص وذلك لتحسين خواص الجازولين وبالتالي تحسين ظروف الاحتراق والأداء داخل محركات السيارات وإطالة عمرها. ولا تخفى الأضرار الصحية الناشئة عن استنشاق الهواء الملوث بعادم السيارات والمحتوى على مركبات الرصاص والتي منها إصابة الإنسان بالضعف العام والأنيميا والأضرار بالجهاز العصبي والإصابة بأمراض الكلى المزمنة بالإضافة إلى إصابة الأطفال الصغار بالتخلف العقلي حيث أنهم أكثر قابلية للإصابة بالأمراض التي تنشأ نتيجة التعرض لفترات طويلة للتلوث بمركبات الرصاص.

ونظراً لهذه المخاطر الشديدة لمركبات الرصاص فقد قامت الكثير من الدول بوضع القوانين والتشريعات اللازمة للحيلولة دون استعمال هذا النوع من الجازولين المحتوى على رابع إيثيل الرصاص حيث أضافت مواد أخرى ليست لها آثار سامة إلى الجازولين أو إضافة بعض المواد الهيدروكربونية ذات السلسلة المتفرعة حيث تساعد على تحسين الأداء داخل محركات السيارات وفي النهاية منع تلوث الهواء بمركبات الرصاص .

التلوث الناتج من البراكين والرياح

تعد البراكين من أهم العوامل الطبيعية لإحداث التلوث البيئي حيث تدفع إلى تنهوء الكثير من الغازات الصادرة بكافة الكائنات مثل أول وثاني أكسيد الكربون والهيدروجين وبخار الماء والميثان وثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين وكلوريد الهيدروجين ويروميد الهيدروجين حيث نحملها الرياح وتنتشر في كل مكان بالإضافة إلى كميات ضخمة من الرماد والذي يحتوى على الكثير من كلوريدات وكبريتات ونترات بعض المعادن مثل الزئبق والصدويوم واليوناسيوم والكالسيوم والحديد والألمنيوم .

ويصاحب ثورات البراكين انطلاق كميات هائلة من الحرارة وبالتالي ارتفاع درجة حرارة الجو في المناطق القريبة من البراكين . والبراكين قد تحدث على سطح الأرض حيث تحدث تلوئاً في الهواء في المناطق المحيطة بالبركان، وأحياناً تحدث البراكين في قاع البحار حيث تحدث تلوئاً لمياه هذه البحار نتيجة لذوبان الكثير من الغازات المنطلقة منها في مياه البحار حيث تسبب الكثير من الأضرار لكافة الكائنات الحية التي تعيش في هذه البحار.

أما الرياح فهي تلعب دوراً هاماً في التلوث البيئي حيث تحمل كميات هائلة من الرمال الدفينة والأنربة إلى مسافات بعيدة جداً لكي تسقط على المدن مودية إلى الكثير من المشاكل الصحية للإنسان . ومن الأضرار الناتجة كذلك من هبوب الرياح ما يعرف بظاهرة التصحر، التي تكلمنا عنها فيما سبق، حيث ترحف الرمال تدريجياً لكي تغطي سطح التربة الصالحة للزراعة وتحولها من أرض خصبة إلى صحراء قاحلة .

مشكلة الأوزون

الأوزون شكل نشط من أشكال الأوكسجين ولكنه أثقل من الأوكسجين العادى بمرّة ونصف، ويحتوى الجزء الواحد منه على ثلاث ذرات أوكسجين وهو غاز سام قابل للإنفجار، وهو عامل مؤكسد قوى، ولونه أزرق باهت، ويتكون نتيجة للعواصف الرعدية

ويتكون حول المعدات والمحولات الكهربائية، وله استعمالات صناعية عديدة نذكر منها تبييض المركبات المعنوية، إبادة الجراثيم، إزالة الرائحة الكريهة، ويستخدم في تعقيم مياه الشرب.

وللأوزون توزيعات أفقية حسب دوائر العرض حيث تكون أقل قيمة له عند خط الاستواء وتزداد قيمته في اتجاه القطبين. وللأوزون توزيعات رأسية حيث يوجد حوالي ٩١٪ منه في طبقة الاستراتوسفير على ارتفاع يتراوح ما بين ١٢ : ٤٠ كيلومتراً، حوالي ٩٪ في طبقة التروبوسفير على ارتفاع ٨ إلى ١٧ كيلومتراً.

ويوجد الأوزون في الأماكن ذات التلوث الجوي حيث عمليات الاحتراق في محطات الطاقة والسيارات والمصانع وزيادة عدد البشر ونشاطهم اليومي. وينتج الأوزون في طبقة التروبوسفير من زيادة تركيز ثاني أكسيد النتروجين ودخول هذا الغاز في عدة تفاعلات مع بعض المواد المعنوية في وجود الأوكسجين والضوء وينتج غاز الأوزون. ويعمل الأوزون في طبقة التروبوسفير كملوث يسبب التسمم للإنسان عندما يتنفسه. وتركيز الأوزون في الجو العادي يصل إلى ٠.٠٢ جزء في المليون. ويتنبأ العلماء بأن يتضاعف مقدار الأوزون في الطبقة السفلى والذي بلغ مقداره ٤٠ : ٦٠ جزء في المليون أي ثلث أو نصف المقدار الأعظم المقبول المحدد بمقدار ١٢٠ جزء في المليون.

والأوزون خارج المنازل أقل بحوالي ٧٪ عن داخل المنازل، ولذلك يجب تهوية المنازل جيداً. ويتلف الأوزون الصبغات المستخدمة في تلوين المنسوجات. ويؤثر الأوزون على النباتات الخضراء، ويسبب ظهور البقع في الأوراق، ودلت الدراسات الحديثة على أن الأوزون يقضي على المحاصيل الزراعية بنسبة ٣٠٪، ومعنى هذا أن الخسارة التي تسببها زيادة الأوزون في الطبقات السفلى للغلاف الجوي للمزارعين الأمريكيين تقدر بحوالي ٢,٥ : ٣ آلاف مليون دولار سنوياً. ويصل إلى سطح البحر كمية من الأوزون لتسهم مع عدد من الغازات وبخار الماء في تكوين الضباب الأسود. ويسهم الأوزون مع الغازات الأخرى في حجز الإشعاعات المنعكسة من الأرض ويؤدي ذلك إلى تسخين الأرض والجو المحيط بها.

أهمية طبقة الأوزون

يوجد الأوزون على شكل طبقة تغلف كوكب الأرض، وإذا ضغطت طبقة

الأوزون عند ضغط وحرارة الأرض فإن سمكها يبلغ حوالى ٣ ملليمتر تقريباً، وتعد هذه الطبقة الدرع الواقى من الأشعة فوق البنفسجية، وأى تلف لهذه الطبقة يعرض لمخاطر كثيرة. ويعرض نقص طبقة الأوزون الإنسان لضعف المناعة للأمراض، ويعلى العلماء ذلك بأن الأشعة فوق البنفسجية تتلف إلى حد كبير قدرة الخلايا على محاربة البكتيريا المرضية. والأوزون هو مصدر تسخين طبقة الاستراتوسفير بفضل امتصاصه للأشعة فوق البنفسجية، أما نتيجة تآكل طبقة الأوزون قد يحدث أن الطبقة السفلى تسخن بمعدل أكبر من الفترة التى قبل تآكل تلك الطبقة نتيجة زيادة تسرب الأشعة فوق البنفسجية أى يحدث انقلاب حرارى نتيجة تآكل طبقة الأوزون مما يؤدي إلى تبديل مناطق الضغط فى أعالي الجو بما يؤدي بالتالى إلى إعادة توزيع الأمطار فوق سطح الأرض.

ويؤدي تآكل طبقة الأوزون إلى تعريض النباتات إلى مزيد من الأشعة فوق البنفسجية التى تؤدي إلى تعجيز أطوال النباتات وانخفاض الإنتاج الزراعى نتيجة تأثيرها على مكونات الخلية مثل الأحماض الوراثية والمكونات الأخرى وقد تؤدي إلى تغيير تركيبها، ويوجد ما يقارب من ٢٠٠ نوع من المحاصيل لها حساسية عالية للأشعة فوق البنفسجية مثل البازلاء والفول والبطيخ، وتوجد محاصيل أقل حساسية لها مثل الطماطم والبطاطا وقصب السكر. كما يؤدي تآكل طبقة الأوزون إلى زيادة كمية الأشعة فوق البنفسجية التى تؤدي إلى الفتك بالبلائكنوتونات التى تمثل الغذاء الأساسى للأسماك والأحياء المائية وبذلك تنخفض الثروة السمكية، والتأثير الضار لهما قد يتجاوز عشرين متراً من عمق المياه.

ثقب الأوزون

أوضحت القياسات التى تمت بواسطة الأقمار الاصطناعية أن كمية الأوزون قد نقصت بنسبة ٥% فى عام ١٩٧٨ عما كانت عليه فى عام ١٩٧١، وبلغت نسبة النقص ٢,٥% فى الفترة الواقعة ما بين ١٩٧٩ - ١٩٨٥ فى المنطقة الواقعة بين دائرتى عرض ٥٣ شمالاً وجنوباً. ونتيجة لاستهلاك الأوزون تم اكتشاف ثقب الأوزون فوق القطب الجنوبي عام ١٩٨٥ حيث وصل النقص إلى ٥٠% من طبقة الأوزون فى شهر الربيع، كما يظهر الثقب فى شهرى أغسطس وسبتمبر من كل عام فوق القارة القطبية الجنوبية ثم يأخذ فى الاتساع فى شهور الخريف ثم ينكمش ويختفى فى شهر نوفمبر. ويحدث الثقب الأوزونى داخل الدوامة القطبية وهى كتلة كبيرة من الهواء المعزل نسبياً - فوق القارة

القطبية الجنوبية خلال شهور الشتاء والربيع. ومن الواضح أن الثقب يظهر موسمياً إلا أنه يزداد سوءاً في كل مرة يظهر فيها عن سابقتها. ونتيجة اتساعه فوق القطب الجنوبي فإنه يندثر بأخطار شديدة وعواقب وخيمة. وبعد ٤ سنوات من اكتشاف ثقب الأوزون فوق منطقة القطب الجنوبي لاحظ الباحثون انخفاضاً كبيراً في كثافة الأوزون فوق القطب الشمالي في فترة الربيع الشمالي. وعلى الرغم من أن النضوب الأوزوني فوق القطب الشمالي وصل إلى ٢ - ٨٪ بينما وصل النضوب فوق القطب الجنوبي إلى ٥٠٪ إلا أنه في المنطقة الأولى يعد أشد خطراً نظراً لكثرة أعداد السكان وإزدهار الحياة بالقرب من القطب الشمالي. وقد قدر العلماء في عام ١٩٩٢ أن طبقة الأوزون قد ازدادت تدمراً فوق القطب الشمالي بنسبة ١٠ - ١٥٪ وفوق القطب الجنوبي بنسبة أكثر من ٥٠٪ وأصبحت مساحة الثقب فوق القطب الجنوبي يعادل ٤ مرات قدر مساحة أمريكا الشمالية. وأخطر من ذلك أن العلماء كانوا قد أوضحوا عام ١٩٨٧ أن كمية الأوزون آخذة في التلف وأن هذا التلف شامل لطبقة الأوزون التي تلف كوكب الأرض، ولا يقتصر على القطبين، وتآكل طبقة الأوزون أخطر من ثقب الأوزون فوق القطبين، والنقص يفراوح بين ٣٪ فوق الدول الصناعية الكبرى مثل أمريكا وأوروبا والاتحاد السوفيتي السابق. ويصل النقص في الشتاء إلى ٤,٧٪، وقد أكد العلماء أن هناك تلف كبير في المنطقة الاسكندنافية (الدنمارك والنرويج وفنلندا) وفي بعض مناطق أوروبا خاصة أعلى جبال الألب.

أسباب تلف طبقة الأوزون

١ - الغازات المخربة، الكلور وفلور وكربونات

هي تلك المواد العضوية التي يدخل في تركيبها الكلور والفلور والكربون. ويبلغ حجم الصناعات من هذه الغازات من ١٣ - ٢٠ مليار دولار سنوياً، وتصل كمية الإنتاج العالمي من هذه الغازات سنوياً حوالي ١٤٠٠ مليون طن منها ٩٧٠ ألف طن من النوع المدمر للأوزون. وتأتي أمريكا على رأس الدول التي تستهلك الكلور وفلور وكربون حيث تنتج ٣٥٠ مليون طن سنوياً ثم يأتي الاتحاد السوفيتي (سابقاً) ١٨٠ مليون طن، ثم اليابان ١٠٠ مليون طن ثم إيطاليا ٧١ مليون طن وإنجلترا وفرنسا ٦٩ مليون طن ثم أسبانيا وكندا ٤٨ مليون طن والصين ٣٢ مليون طن. وتدل الإحصائيات على أن كميات الكلور وفلور وكربونات المتراكمة في الجو قد تضاعفت ثلاث مرات أضعاف الكمية المتراكمة من

١٩٧٠ - ١٩٨٠ . وبجانب تلك الغازات يوجد مركبات الهليوم التى تسبب استنفاد الأوزون.

ويشكل استعمال هذه المركبات ميزة أمنية هائلة نتيجة عدم إشعالها، وإحدى المزايا الأساسية لها هى ثباتها الهائل فذراتها تصل بدون تخبر إلى الطبقات العليا من الجو فى خلال ١٠ - ١٥ سنة . وينافض نساعد غازات الكلور وفلور وكربونات من سطح الأرض إلى طبقات الاستراتوسفير، وهى الطبقة التى يوجد فيها ٩٠٪ من الأوزون، ما هو معروف أن فى نهاية طبقة التروپوسفير تنخفض درجة الحرارة وتصل إلى أقل قيمة لها، وهذا يعمل على احتباس الغازات الخفيفة بحيث لا تصعد إلى طبقات الجو العليا . ويعتقد أن مركبات الكلوروفلوروكربونات ترتفع إلى طبقة الاستراتوسفير عند دوائر العرض الاستوائية حيث تبلمها الدوامة القطبية - وحيث أن غاز الكلوروفلوروكربون يحتاج إلى ١٥ سنة لكى يصل إلى طبقة الاستراتوسفير، ويعنى هذا أن الأضرار التى سببها فى طبقة الأوزون حتى اليوم تجمعت عن تلك الغازات التى أطلقت فى بداية ١٩٧٧ وهى لا تمثل سوى ٣٠ - ٣٥٪ من الكمية التى انتجت حتى الآن، وقد تصل عمر بعضها حتى ٥٢٠ سنة كما فى الغازات المشعة والتى تستخدم فى ثلاجات المتاجر الكبيرة . أما الآن فإن جو الأرض يحتوى على كمية من الكلوروفلوروكربونات تساوى ٥ مرات أكثر مما كانت عليه فى عام ١٩٧٥ . ومع الأخذ فى الحسبان الفترة الزمنية التى تتطلبها تصاعد الغاز إلى طبقة الاستراتوسفير، ومع توقف ضخ الغازات اليوم فقد يلزم ذلك سنين طويلة حتى تعود طبقة الأوزون إلى حالتها الطبيعية .

ومن الثابت أن ثقب الأوزون يحدث نتيجة التفاعل بين الأوزون والكلوروفلوروكربونات، ويحدث هذا التفاعل فى فصل الربيع، ويمكن لجزء واحد منها أن يدمر ١٠٠ ألف جزء من الأوزون وما يتأكل من طبقة الأوزون فى عام يعاد تكوينه بعد ١٠٠ عام، فحين تلف القارة القطبية الجنوبية رياح فاصلة تحول دون اختلاط هواء تلك القارة بهواء القارات الأخرى فتسبب درجة الحرارة إلى ٥٠ درجة مئوية تحت الصفر، وهذه البرودة الفائقة تهبط الفرصة للتفاعل وعند ارتفاع الشمس خلال الربيع فإن هذا التفاعل يزداد والذى لا يلبث أن يتوقف حين تبدأ الحرارة بالارتفاع وتبدأ الرياح الفاصلة فى الاختفاء . ومن هنا يتضح أن التفاعل يتركز فى القطب الجنوبى أو الشمالى ويتوقف على وجود الرياح الفاصلة مع وجود تركيزات عالية من الكلوروفلوروكربونات

فى هذه الدومات العازلة، فوق قطبى الأرض. وظاهرة تدمير الأوزون أكبر فى القطب الجنوبى عن القطب الشمالى وهذا يعود إلى كون الغيوم فى القطب الجنوبى أكبر حجماً ونقل معدلات الحرارة ما بين ١٥ - ٢٠ م عن تلك التى تسود فى القطب الشمالى. وعند تناقص كميات الأوزون فى الدامة القطبية خلال الربيع فإن مقادير الكلور البسيطة مثل كلوريد الأيدروجين ونترات الكلور ترتفع ارتفاعاً حاداً.

ونظراً للتقدم العلمى والتكنولوجى المتسارع فى الآونة الأخيرة وما تبعها من استخدام الإنسان للكثير من الأجهزة الحديثة خلال حياته اليومية مثل اللآجيات والمكيفات كما كثر استخدام الأيروسول والتى تحتوى على بعض المبيدات الحشرية وبعض المواد العطرية والتى تحتوى جميعها على مركبات الكلوروفلوروكربون. وهذه المركبات عبارة عن مركبات هيدروكربونية تحتوى على ذرات من الفلور والكلور كما يوجد منها أنواع كثيرة تختلف فى تركيبها الكيميائى وفقاً لعدد ذرات الكربون أو الفلور أو الكلور، ومن خواصها أنها مركبات غازية فى درجات الحرارة العادية، كما أنها على قدر كبير من الثبات الكيميائى لذلك فهى تبقى فى الهواء مدة طويلة، وتحملها تيارات الهواء الصاعدة إلى طبقات الجو العليا حتى تصل إلى طبقة الأوزون ويتأثير الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس تحلل هذه المركبات منتجة بعض ذرات الكلور النشيطة والتى تتفاعل مع الأوزون حيث نحوله إلى غاز الأوكسجين. وهكذا تتسبب مركبات الكلوروفلوروكربون فى تدمير طبقة الأوزون.

ونظراً للأخطار الناتجة من استعمال مركبات الكلوروفلوروكربون وما ينتج عنها من تلوث بيئى أن قامت معظم دول العالم بعقد المؤتمرات والندوات بهدف التقليل من إنتاج هذه المركبات والحد من استخدامها كما نشطت البحوث العلمية لإيجاد بدائل لمركبات الكلوروفلوروكربون بمواد أخرى لا تحتوى تركيبها على عناصر الفلور أو الكلور والتى تسبب تحلل جزيئات الأوزون. ولا يقتصر تفكك طبقة الأوزون على التلوث بمركبات الكلوروفلوروكربون بل يشاركها هذا التفكك أكاسيد النتروجين والتى تتكون نتيجة احتراق الوقود المحتوى على كميات ضئيلة من المركبات النتروجينية وكذلك تصاعد هذه الأكاسيد من بعض المصانع، إضافة إلى تكوين هذه الأكاسيد فى طبقات الجو العليا بواسطة التفاعلات الكيميائية الضوئية بين غازى الأوكسجين والنتروجين ونتيجة لتكون هذه الأكاسيد واتصالها بطبقة الأوزون يحدث تفاعل كيميائى بينها وبين جزيئات الأوزون والتى تتفكك إلى أكسجين.

وعموماً فهناك الكثير من الهيئات العالمية والتي تعمل جاهدة لإيجاد الحلول المناسبة لهذه المشكلة العالمية وترأسها هيئة الأمم المتحدة حيث تعقد الكثير من المؤتمرات والندوات لمناقشة أسباب هذه الظاهرة ووضع الحلول الكفيلة للإقلال من أضرارها. ففي شهر سبتمبر عام ١٩٨٧م عقد مؤتمر علمي في مدينة مونتريال بمقاطعة كويبك بكندا وذلك لتنظيم استعمال مواد الكلوروفلوروكربون والتي تؤثر في طبقة الأوزون. كذلك وضع التشريعات اللازمة للحد من استعمال هذه المواد مع إيجاد المواد البديلة عنها كذلك عقد في شهر أغسطس عام ١٩٨٩م مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة في مدينة نيروبي بكينيا لبحث الأضرار الفادحة التي نشأت عن تدمير طبقة الأوزون، إضافة إلى ذلك فإنه يوجد عدة محلات كثيرة أجريت لقياس نسبة الأوزون في عدة أماكن من العالم وخاصة في منطقتي القطب الشمالي والقطب الجنوبي.

كذلك فإننا نشير هنا إلى مؤتمري قمة الأرض والذي عقد المؤتمر الأول منها في مدينة ريودي جانيرو بالبرازيل في شهر يونيو عام ١٩٩٢ لبحث جميع الأضرار الفادحة والمشاكل الناتجة عن انتشار التلوث البيئي بمختلف أنواعه والذي عم سطح كوكب الأرض والذي أضر بكافة المخلوقات من إنسان وحيوان ونبات، الأمر الذي أصبح يهدد الحياة ذاتها والحد من استمراريتها. وعقد المؤتمر الثاني في شهر أغسطس عام ٢٠٠٢ في مدينة جوهانسبرج في جنوب أفريقيا تحت شعار تنمية مستدامة أكثر نشاطاً بهدف زيادة الإنتاجية الزراعية دون إحداث أضرار بيئية.

(٢) أكاسيد النتروجين

منها أول أكسيد النتروجين الذي يتحول إلى حامض النتريك، ومنها ثاني أكسيد النتروجين السام، كما ذكرنا، وهو يلوث الجو مما يجعل الرؤية صعبة بحسب تركيزه، ويتوقع الباحثون زيادة أكاسيد النتروجين من ١١ - ٣٠ مليون طن في الجو، والحدود المسموح بها لتركيز أكاسيد النتروجين من ٣ - ١٠ جزء في المليون، وقد بلغ تركيز تلك الأكاسيد في هواء القاهرة مثلاً ١٠ أمثال المسموح به في هواء الولايات المتحدة، ونتيجة زيادة تركيزها في الطبقات السفلى من الهواء يحدث اختزال ضوئي لثاني أكسيد النتروجين بواسطة الأشعة فوق البنفسجية إلى أكسيد النتروجين، وأوكسجين ذرى.

وتتصاعد أكاسيد النتروجين التي تلتف الأوزون ويحدث الاختزال تحت الظروف الانلاهرائية في الأراضي الغدقة، وقد تحدث في التربة الجيدة الانهوية في المسام الضيقة

عند وجود نسبة عالية من المادة العضوية التي تستهلك الأوكسجين في أكسنتها، وانطلاق أكاسيد النتروجين من هذا المصدر تفوق المصادر الأخرى خصوصاً بعد الزيادة الزهية في استخدام الأسمدة النتروجينية، وتصل كميات تلك الأكاسيد المنطلقة من هذا المصدر إلى خمسة عشر أمثال الكميات الناتجة من محطات الطاقة والسيارات، وتلعب ميكروبات التربة دوراً كبيراً ورئيسياً في انطلاقها، وبذلك تلعب هذه الميكروبات دوراً حرجاً في دورة الأوزون في طبقات الجو وتدمير تلك الغازات غاز الأوزون.

٢- التجارب النووية والانفجارات البركانية

تتلف التجارب النووية الأوزون بنسبة كبيرة تصل إلى ٢٠ - ٧٠٪، وخاصة التفجيرات الهوائية. وقد أكد العلماء أن الانفجارات البركانية مسؤولة بدرجة ما عن تآكل طبقة الأوزون حيث تقذف حوالى ١١ طن من كلوريد الأيدروجين و ٦ مليون طن من كبريتيد الهيدروجين للغلاف الجوى سنوياً مما يؤدى إلى تفاعل الكلور وحمض الكبريتيك مع الأوزون وذلك يفسر أسباب الانحسار الحاد الذى حدث لغاز الأوزون بطبقة الاستراتوسفير عقب اندلاع بركان الشيكون بالمكسيك عام ١٩٨٢م والذى لم يكن له تفسير مقنع من قبل، إلا أن ثورة البراكين يمكن اعتبارها أحد الأسباب الجزئية المدمرة لطبقة الأوزون نظراً لأن النشاط البركانى معروف منذ ملايين السنين دون تأثير ملموس على طبقة الأوزون.

ومن الحلول العملية لعلاج تآكل طبقة الأوزون العمل على تدوير الكلوروفلوروكربونات وإعادة وحدات التبريد ومكيفات الهواء القديمة إلى المصانع حيث يعاد استخدام الغازات الموجودة فيها بدلاً من إطلاقها في الهواء، وإعادة التدوير تساعد في حل المشكلة جزئياً، ويبقى الحل الجذرى للحفاظ على طبقة الأوزون تتمثل في حظر إنتاج الكربونات الكلورية لوربة حظر شاملاً، إلا أن الخطر سيفرغ أثراً مزعجاً على اقتصاديات العالم حيث يفوق حجم تعامل الكلوروفلوروكربونات ٢٢ مليار دولار إلا أنه يجب عدم التأخير في حظر استعمالها. إلا أن من شأن كل سنة من التأخير عن حظر استعمال الكلوروفلوروكربونات يتسبب في تأخير ٣ سنوات من الوقت الذى يحتاجه راب الصدع وعودة طبقة الأوزون لحالتها السوية.

وتجدر الإشارة إلى أن الولايات المتحدة وكندا والسويد والنرويج والدنمارك حذرت من سنوات إنتاج مادة الإيروسول والكلوروفلوروكربون وذلك بدافع حماية البيئة علماً بأن هذه الحماية لا سبيل إليها ما لم تنتشر إجراءات الحظر على كل دول العالم جميعاً، لأن

المشكلة الكبرى أن طبقة الأوزون ككل حدث لها نقص على المستوى العالمى بدرجات مختلفة فى أماكن مختلفة .

ويعترض بعض العلماء على أن هناك ثقب بالأوزون يهدد البشرية، وأعلنت الإدارة الوطنية للشئون الجوية الأمريكية أن الثقب الخطير للأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية قد التأم، وأعلنت الإدارة فى عام ١٩٨٩ أن الإلتئام سيطول مدة سنة كاملة .

الأمطار الحامضية

نتج عن الاستخدام المتزايد لجميع أنواع الوقود مثل الفحم ومشتقات البترول المختلفة ويسبب ما يحتويه هذا الوقود من مركبات كبريتية أو نتروجينية كذلك وجود محطات القوى الكهربائية والكثير من المصانع فى كافة بلدان العالم إلى انبعاث كميات هائلة من الغازات الحامضية مثل ثانى أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين وأكاسيد النتروجين حيث يتصاعد إلى طبقات الجو العليا وهناك يفعل الأشعة فوق البنفسجية يحدث تفاعل بين غاز ثانى أكسيد الكبريت وأوكسجين الهواء الجوى حيث ينتج غاز ثالث أكسيد الكبريت الذى بدوره يتحد مع بخار الماء الموجود فى الجو منتجاً حامض الكبريتيك حيث يبقى هذا الحامض فى صورة رذاذ دقيق معلقاً فى الجو وتقلبه التيارات الهوائية من مكان إلى آخر وعندما يكون الجو صافياً فإن هذا الرذاذ الدقيق من الحامض يبقى معلقاً فى الجو فى صورة ضباب، وعندما يصبح الجو ممطراً والبرودة شديدة فإن رذاذ الحامض يذوب فى ماء المطر ويختلط مع الجليد ويسقطان على سطح الأرض على هيئة ما يعرف بإسم الأمطار الحامضية .

ولا يقتصر تكوين الأمطار الحامضية على أكاسيد الكبريت وحدها بل يشترك معها فى تكوين هذه الأمطار أكاسيد النتروجين التى تنتج كذلك نتيجة احتراق الوقود المحترق على كميات ضئيلة من المركبات النتروجينية سواء عند استخدامه فى محركات السيارات أو فى الآلات داخل المصانع وأيضاً فى بعض الصناعات مثل صناعة تكرير البترول . كذلك تتكون هذه الأكاسيد فى طبقات الجو العليا بواسطة التفاعلات الكيميائية الضوئية بين غازى الأوكسجين والنتروجين، كما ذكرنا، وهذه الأكاسيد بدورها تتحول فى وجود الأوكسجين ويفعل الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس وأيضاً بخار الماء إلى حامض النتريك الذى يبقى فى الجو معلقاً على هيئة رذاذ حيث يتساقط مع مياه الأمطار والجليد على سطح الأرض مكوناً أيضاً الأمطار الحامضية .

وللأمطار الحامضية الكثير من الآثار الضارة والتي تتمثل في زيادة الحموضة للمجارى المائية مثل الأنهار والبحيرات حيث تقضى الحموضة الزائدة على الكثير من الكائنات المائية. كما تسبب هذه الأمطار في تلوث التربة الزراعية والأضرار بالمحاصيل والغابات وما تحويه من أشجار وحيوانات، كذلك أدت هذه الأمطار الحامضية إلى تفتت الصخور وتآكل أحجار المباني والمنشآت داخل المدن.

وهناك العديد من الدول وخاصة الصناعية منها والتي تعاني من آثار هذه الأمطار الحامضية وما تسببه من تلوث في هوائها ومياهها وتربتها مثل دول أوروبا الغربية كألمانيا وبريطانيا وفرنسا، وكذلك الدول الاسكندنافية في أقصى الشمال الأوروبي مثل السويد والنرويج، وفي بلاد أمريكا الشمالية مثل كندا والولايات المتحدة الأمريكية. لذلك فإنه توجد محاولات جادة في كثير من الدول الصناعية حيث تعقد المؤتمرات وتقام الندوات وتقدم الكثير من الأبحاث والحلول الكفيلة للحد من كميات هذه الغازات الحامضية وبالتالي التقليل من خطورة الأمطار الحامضية وما تسببه للإنسان من مضار وأخطار.

وتدل الدراسات الحديثة على أن الأمطار الحمضية قد قصت على ٣٤٪ من الأشجار في ألمانيا الاتحادية في عام ١٩٨٢ وزادت الأضرار في عام ١٩٨٥ بنسبة تصل إلى ٥٠٪، وحدثت أضرار في الغابة السوداء بنسبة تصل إلى ٧٥٪. وحدث مثل ذلك في فرنسا فقد بلغت نسبة الأشجار التي أتلفتها الأمطار الحامضية ٥٠ - ٦٠٪، وبلغت نسبة الأشجار التي قصت عليها الأمطار الحامضية نحو ٤٠٪ في أوروبا الشرقية، وفي نيكوسلوفاكيا فقط قصت الأمطار الحمضية على ما لا يقل عن ١٢٥ ألف فدان من غابات جبال أور وأنشأ تهديد بالقضاء على ١٥٠ ألف فدان أخرى من تلك الغابات في المستقبل، وأن الأضرار التي لحقت بهذه المساحة أصبحت لا يجدى معها أعمال الإنقاذ وأن مصدر هذا الخراب هو الغازات التي تتصاعد من محطات توليد الكهرباء القائمة في شمال البلاد، ويأتى غاز ثنائي أوكسيد الكبريت في طليعة تلك الغازات التي تطلقها المحطات المذكورة والتي دمرت غابات الصنوبر في تلك المناطق المذكورة في مطلع السبعينات وقد قصت الأمطار الحمضية على أوراق تلك الأشجار وجردتها منها.

والأمطار الحمضية وتأثيرها ليس وفقاً على غابات أوروبا، فالولايات المتحدة

الأمريكية هي الأخرى تعاني من هذه الأمطار ففي ولاية جورجيا وسائر ولايات الساحل الغربي (حيث واشنطن ونيويورك وغيرها) حتى الحدود الكندية. أما الساحل الشرقي فقد بلغ ثلث المطر الجماعي أفضاه في بعض المناطق في كاليفورنيا، وتقدر الأمطار التي يحدثها الثلوث بالمطر الحمضي بحوالى ٣٠٠٠ : ٤٠٠٠ مليون دولار سنوياً، أما كندا فقد قضى المطر الحمضي للقادم إليها من الولايات المتحدة الأمريكية على مايقرب من ١.٦ مليون كيلومتراً مربعاً من غاباتها.

ظاهرة النينو El-Nino

تعددت التعريفات الخاصة بظاهرة النينو التي تعد ظاهرة قديمة قدم الأرض بواسها ومائها وحركات هوائها، ومن هذه التعريفات أن ظاهرة النينو هي عبارة عن تيار مائي دافئ يمثل فرعاً من التيار الاستوائى العكسى فى المحيط الهادى، الذى يتحرك بعكس حركة التيارين الاستوائيين الشمالى والجنوبى وفيما بينهما، بما يوحى أن هذه الظاهرة تقتصر على المحيط الهادى. أما التعريف الأكثر تحديداً لظاهرة النينو فهو الذى يتوافق ويتناسب مع الحقائق العلمية المستمدة من التغيرات فى حركة الجو وحركة التيارات فى المحيطات المقترنة بحركة الشمس الظاهرية السنوية شمال خط الاستواء (الصيف الشمالى) وجنوبه (الصيف الجنوبى)، حيث تنتقل مع ذلك مواقع التيارات المحيطية، وبشكل أكثر وضوحاً تلك المرتبطة بخط الاستواء الحرارى الذى يكون إلى الشمال من خط الاستواء الفلكى فى الصيف الشمالى بنحو عشر درجات وإلى الجنوب منه فى الصيف الجنوبى بنحو ثلاث درجات.

فحركة التيار الاستوائى العكسى الذى يكون اتجاهه شرقياً باتجاه السواحل الغربية لقارة أمريكا الجنوبية فى نطاقها الاستوائى، يكون فى موقع إلى الجنوب من خط الاستواء الفلكى فى كل سنة، مصحوباً بارتفاع حرارى بفعل اندفاع المياه الحارة على طول تلك السواحل الأمريكية الجنوبية فى الإكوادور وبيرو وشمالى شيلي، بارزاً ذلك بشكل لافت لنظر السكان المحليين مع بداية السنة الميلادية وأعياد الميلاد ليطلق عليه السكان المحليون تسمية «النينو El-Nino»، بمعناها الحرفى باللغة الإسبانية وهو الطفل الصغير (النونو). وتمثل هذه الظاهرة عموماً حدثاً عادياً، متكرراً سنوياً، مرتبط كما ذكرنا سابقاً بحركة الانتقال للأنظمة الجوية والمحيطية المصاحبة مع حركة الشمس الظاهرية، لتعمم

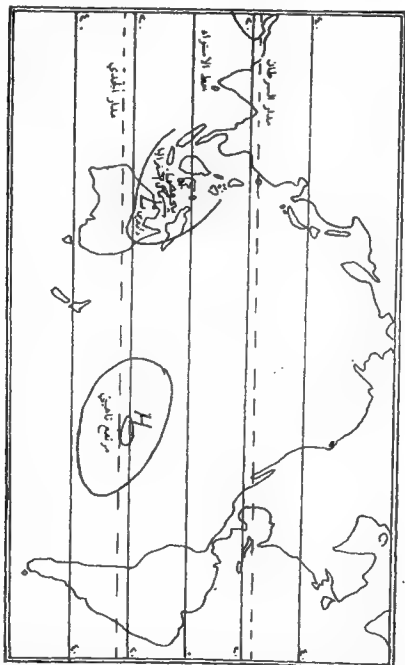
تلك الظاهرة على الشذوذ الحرارى الذى يفتاب مياه التيار الدافئ أصلاً وذلك فى بعض السنين .

وفى الوقت الحاضر، فإن ظاهرة النينو تشير إلى عوارض حارة رئيسة تتناب التيار الاستوائى العكسى لفترة من الزمن الذى يعرض سطح مياهه إلى ارتفاع كبير وشاذ فى درجة حرارته على غير المألوف فى بقية السنوات الاعتيادية فى درجة حرارة مياهها، وفى أحداث الطقس المصاحبة لها . ولا ينحصر الارتفاع الحرارى لمياه سطح المحيط على السواحل الأمريكية الاستوائية، وإنما يشمل امتداداً كبيراً عبر المحيط الهادى الاستوائى يصل غرباً حتى خط طول ١٨٠ فأكثر، أى بما يزيد على أكثر من ربع محيط الأرض (من خط طول ٨٠ غرباً إلى ما بعد خط طول ١٨٠ غرباً - شرقاً) .

وهكذا نجد أن ظاهرة النينو بعد أن كانت عامة ومتكررة سنوياً بصورة دورية مع بداية كل سنة ميلادية، محددة بتقدم المياه الحارة جنوباً على طول سواحل الإكوادور وبيرو وشمالي شيلي على حساب تراجع نسبي للمياه الباردة، أصبحت الآن أكثر خصوصية وأقل انتظاماً ودورية فى حدوثها وترددها، فهى تخص حركة مائية محيطية على طول خط الاستواء من الهادى الغربى حتى الهادى الشرقى حيث الساحل الأمريكى الجنوبي ليسير مسافة على طوله جنوباً، مع ارتفاع حرارة سطح مائه أكثر من درجتين فوق معدلها المعروف، ولذا فإنها ظاهرة تكاد تشمل المحيط الهادى الاستوائى من غربه حتى أقصى شرقه، دون وجود دورة محددة بدقة لمواقيت حدوثها، وإن كانت بدايتها فى أكثر حالاتها شدة تكون منذ منتصف الصيف إلى بداية الصيف التالى مع تعاضل قوتها فى شهرى ديسمبر ويناير .

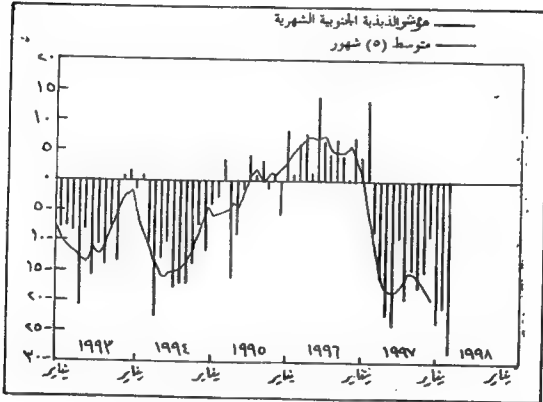
وإذا كانت ظاهرة النينو؛ بكل بساطة ظاهرة إقليمية منعزلة المنشأ، عالمية التأثير، فهى محدودة النشأة فى المحيط الهادى الشرقى، وإن كانت ممتدة حتى أواسطه فى السطاق الاستوائى، كما أن العوامل المباشرة المؤدية إلى حدوثها تنبلى واضحة فى هذا المحيط، وبخاصة فى جزئه الجنوبي المدارى بين دائرتى عرض ١٠ - ٢٠ جنوب خط الاستواء . حيث لوحظ أن فترات حدوث التسخين الرئيسية فى المحيط الهادى الاستوائى تتوافق مع فترات الاختلاف فى قيم الضغط الجوى السطحي بين موقعين، أحدهما : عند جزيرة تاهيتى جنوب شرق الهادى (خط طول ١٥٠ غرب

جريتشن) والآخر عند مدينة داروين في شمال استراليا (خط طول ١٣٠ شرق جريتشن)،
بمسافة فاصلة بينهما نحو ٦٥٠٠ كيلومتر. والضغط الجوي بين الموقعين السابقين
ليس ثابتاً، وإنما في حالة تغير وتذبذب، وتعرف تغيراته باسم الذبذبة الجنوبية



(شكل رقم ٤-٩) الوضع العادي للضغط في المحيط الهادي كمقياس للذبذبة الجنوبية

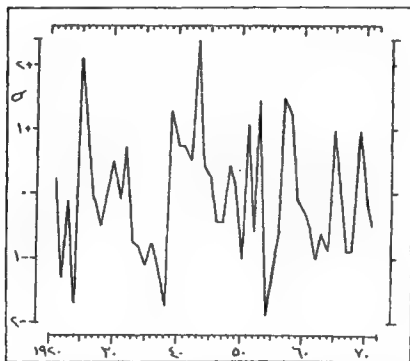
(SO) South Oscillation، ولقد عدت تلك الذبذبة دليلاً على التغيرات في حركة وخصائص المياه السطحية في المحيط الهادئ الاستوائي، وريط الذينو بها رباطاً مباشراً، حيث تبين أن ظاهرة اللينو تبرز بشكل واضح عندما يصبح الفارق الضغطي (الذبذبة الجنوبية) بين تاهيتي وداروين سلبياً قوياً (شكل رقم ٤ : ٩)، وهذا دليل على أن الشذوذ في درجة حرارة سطح الماء يرتبط بالتغيرات الكبيرة في اضطرابات الضغط الجوي. وهكذا فإن مؤشر الذبذبة الجنوبية في الضغط بين الموقعين السابقين الذي هو دليل على مقدار التغير في الضغط ووجهته سلبية أم إيجابية (شكل : ٥-٩)، يشكل مؤشراً يستدل به على حدوث ظاهرة اللينو، أو تلاشيها وعودة الأمور إلى طبيعتها أو برودة مائية محدودة فيما اصطلح عليه اسم النينا El - Nina.



(شكل رقم ٥-٩) مؤشر الذبذبة الجنوبية خلال فترتي ديتو قويتين. والمؤشر مقياس لشدة التهو يقوم على أساس فرق الضغط بين تاهيتي وداروين في استراليا

وبما أن اللينو يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالذبذبة الجنوبية، بحيث لا يمكن فصل بعضهما عن بعض، فقد بات الحديث في الوقت الحالي عن ظاهرة الإينسو (ENSO) التي هي مصطلح مركب من مصطلحي اللينو (El-Nino) والذبذبة الجنوبية (SO). ولم تربط

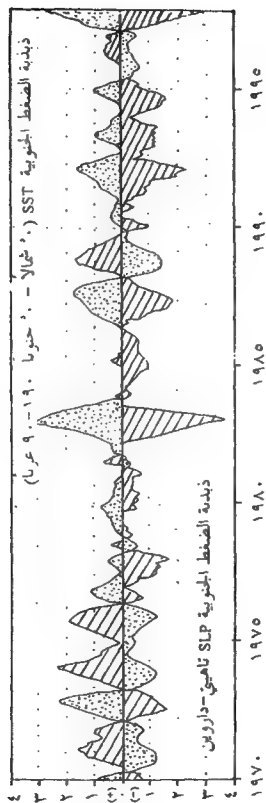
الذبذبة الجنوبية فقط مع النينو على طول ساحل أمريكا الجنوبية على المحيط الهادى، ولكنها ربطت مع مجموعة التذبذبات المحيطية - الجوية التى عدت جزءاً جوهرياً مع تذبذبات المناخ الأرضى من سنة إلى أخرى. وهكذا، يمكن القول : إن الحديث عن الإينسو يعنى الحديث عن النينو، والعكس صحيح .



(شكل رقم ٦٠-٩) الانحراف في درجة حرارة المياه المحيطية على طول سواحل الإكوادور وبيرو

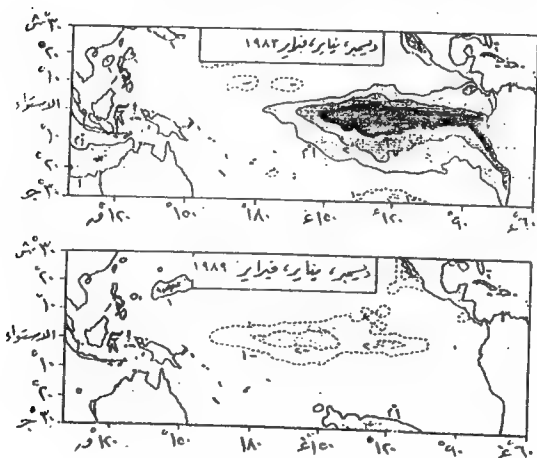
وتجدر الإشارة إلى أن مصطلح النينو يستعمل حديثاً ليشمل كافة المظاهر بمقياسها الكبير التى تكتنف حادثة التسخين، التى تتعرض لها مناطق الصعود المائى البارد على طول سواحل الإكوادور وبيرو حتى شمال شيلي، التى تصاحب تدفق جنوبى (باتجاه الجنوب) شاذ لتيار النينو الحار يبلغ امتداداً وتأثيراً كبيراً فى بعض السنوات، كما هو موضح فى الشكل رقم : (٦-٩) للفترة من عام ١٩٢٠ إلى عام ١٩٧٠

ويتضح من الشكل، أنه كلما كان مؤشر الذبذبة الجنوبية أكثر سلبية وبالتالي أشد قوة، كانت ظاهرة النينو أكثر ظهوراً، من حيث سعة امتدادها ودرجة حرارة سطح الماء المرافقة لها. وهذا ما يوضحه الشكل رقم (٧ - ٩) أيضاً للفترة بين عام ١٩٧٠ وعام ١٩٩٧، حيث يظهر فيه الارتباط الملحوظ بين ذبذبة الضغط الجنوبية السلبية والنينو، ومقدار الارتفاع فى درجة حرارة سطح الماء.



شكل رقم ١٩٠٧: الاقتران ما بين دبذة الضغط الجنوبي (السيبية والنيو)

ويمكن أن نعد ظاهرة النينا El - Nina (كلمة إسبانية معناها الحرفي الطفلة الصغيرة) معاكسة للنينو، على أساس أن النينا تمثل شذوذاً سلبياً في درجة حرارة سطح المحيط بالنسبة للأحوال العادية المألوفة. غير أن هذا الشذوذ ليس كبيراً وغير ملحوظ بشكل واضح، ذلك أن انخفاض الحرارة يتراوح بين ١ - ٢°م عن المعدل العام، مع تركيز هذا الانخفاض في الجزئين الشرقي والأوسط للهادى المدارى. وإذا كان ينظر إلى النينو والنينا على أنهما فترتان متعاكستان من دورة الإينسو ومكملتان لها. فإن ظاهرة النينو تمثل الفترة الحارة من دورة الذبذبة الجنوبية الإينسوية، بينما تمثل النينا الفترة الباردة من دورة الإينسو. غير أن البعض يقسم دورة الإينسو إلى ثلاث فترات : فترة حارة وهى النينو، وفترة باردة تعقبها وهى النينا، ثم عودة إلى الأحوال الطبيعية.



(شكل رقم ٨٠ - ٩) مقارنة بين درجة حرارة سطح المحيط الهادى الاستوائى في فترة نينو

(ديسمبر ويناير وفبراير عام ١٩٨٢) وفترة شبه نينا (ديسمبر ويناير وفبراير عام ١٩٨٩)

ولكن إذا كانت ظاهرة النينو تحدث بصورة دورية تقريباً، فإن هناك عوامل خارجية لا تزدى فى بعض دورات الإيتسو إلى حدوث برودة فى سطح المحيط (النينيا)، وهذا ما حدث خلال الفترة من ١٩٨٣ - ١٩٨٨ (شكل رقم ٨ - ٩). وكانت ظاهرة النينو قبل الثمانينات ترتبط بسنين حرارتها أعلى من المعدل (ولاسيما قرب خط الاستواء)، بينما ارتبطت ظاهرة النينا بالسنين الباردة. وكانت آخر ظاهرة النينا قبل عام ١٩٨٨ ما حدث فى عام ١٩٧٥. لكن فى نهاية ١٩٨٨ وفى أعقاب سنتين شديدتى الحرارة (١٩٨٦، ١٩٨٧) - حيث ارتفعت الحرارة فى شتاء (١٩٨٦ - ١٩٨٧) فى كندا نحو تسع درجات مئوية فوق المعدل، وبلغ الشذوذ فى (٨٧ - ١٩٨٨) نصف هذا الشذوذ. وعلى مستوى العالم كان عام (١٩٨٧ و ١٩٨٨) أدفاً ما سجل منذ سنين عدة سابقة - بزغ أخيراً نمط لظاهرة النينا مميز فى توزيع حرارة سطح المحيط الهادى. وهذه الفترة من انقطاع النينا لم تكن هناك فترة انقطاع توازيها بين وقائع النينا منذ بدأ التسجيل فى الربع الأخير من القرن التاسع عشر.

ولقد باتت مؤكداً أن ظاهرة النينو هى نتاج تفاعل بين الجو والمحيط الذى يشكل صمنه. كما يرى بعض الباحثين أن ظاهرة النينو السائدة عند السواحل الغربية الأمريكية وأقصى شرق الهادى الجنوبي المجاور لها، بما يصاحبها من شذوذ حرارى إيجابى فى المياه البنيوية يتوافق مع الانحرافات ذات الإشارة نفسها بعيداً عن كاليفورنيا، مما يدفعنا إلى القول: إن التيارات الاستوائية بما ينبثق عنها من تيارات مائية فرعية، خاصة تلك التى تشكل دورة حركية مائية فى العروض الدنيا لا يمكن فصلها عن الحركات الجوية فى المنطقة.

وقد أصبح معروفاً أن ظاهرة النينو يبعدها المائى الحركى ودرجة حرارة الماء الشاذة إيجابياً هى محدودة بساحل أمريكا الجنوبية الاستوائى والمدارى، فيما بين دائرتى عرض ٥ شمال خط الاستواء و ١٥ جنوبى خط الاستواء، مع تقلص فى بعض الدورات عن هذا المدى، وتوسع فى دورات أخرى. ولهذا ارتبطت ظاهرة النينو بسواحل الإكوادور وبيرو وشمالي شيلي حيث تصل مياهها الحارة حتى الأجزاء الشمالية من ساحل شيلي قرب دائرة عرض ٢٠ جنوباً.

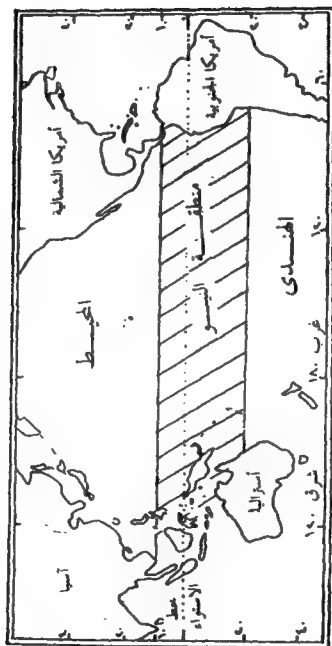
وفى هذا الصدد يمكن القول، أن تيار النينو لا يقتصر على السواحل المابقة الذكر، بل يمتد بعمق فى المحيط الهادى الاستوائى ليشمل الحوض الهادى الأوسط، وذلك حتى خط

طول ١٨٠ غرباً ومتجاوزاً إياه في بعض الدورات، بمدى عرضي أقل مما هو عليه عند ساحل الهادي الشرقي (شكل رقم ٩-٩).

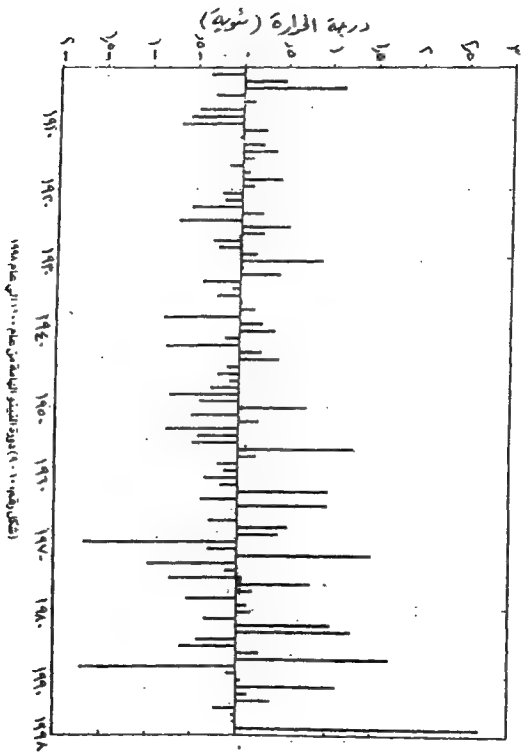
وقد ركزت البحوث على المحيط الهادي كمجال مناسب لحدوث ظاهرة النينو، بفعل اتساعه، لامتداده في الحزام الاستوائي على أكثر من ٧٠ درجة طولية، ومن ثم فإن قوة الرياح التجارية يكون لها تأثيراً عظيماً في هذه المنطقة، واستجابة الغطاء في المحيط الهادي لفعلها كبيرة، فإن هناك ما يناظر ذلك في الأطلنطي المداري. حيث وجد أن التصعيد المائي الفصلي في خليج غينيا لا يمكن تفسيره بضغط الرياح المحلية. كما أشارت العديد من الدراسات، إلى أن قوة الرياح الشرقية فوق الأطلسي الاستوائي الغربي يمكنها أن تسبب اختلافاً في درجة حرارة سطح الغاء عند الطرف الشرقي من المحيط. وتؤثر درجة حرارة سطح المحيط بدورها على كمية الرطوبة والاستقرار، وما يرتبط بذلك من شذوذ مطري... وغيره. ومما يقف عائقاً أمام إمكانية ظهور النينو بشكل معتد به هنا؛ قلة اتساع المحيط الأطلسي في الحزام الاستوائي الذي لا يزيد على ثلث اتساع المحيط الهادي، مما لا يتيح الإمكانية لتشكل ظاهرة النينو فيه.

وتتبع ظاهرة النينو في حدوثها دورة متكررة غير منتظمة المدة، تتراوح مدتها بين ٢ - ٥ سنوات، بمتوسط لها نحو ٤ سنوات. ولقد قام بعض العلماء بتاريخ أحداث النينو انهامة منذ عام ١٨٩١ أما البعض الآخر فيعود بالزمن أكثر إلى الورا، وذلك إلى سنة ١٨٨٢ (حادثة نينو) وسنة ١٨٧٨ (حادثة نينو سابقة). ولقد بلغ تكرار ظاهرة النينو من الربع الثاني للقرن الثامن عشر وحتى نهاية القرن العشرين ٨٣ مرة أو حدثاً، وأن العديد من تلك الأحداث تمتد لتغطي النصف الثاني من سنة ميلادية والنصف الأول من سنة تالية لها، ولتتمدد بعض الأحداث الكبرى إلى أكثر من ١٢ شهراً، بحيث تمتد على أواخر سنة، وسنة تالية، وأوائل سنة لاحقة؛ كما في حادثة نينو ١٨٤٥ و ١٨٨٨ و ١٩٤٠. وقد لوحظ أيضاً، أن هناك تبايناً واضحاً في الفواصل الزمنية بين كل حادثة وأخرى، (± ١ سنة)، مما يجعل أحداث النينو لا تتكرر وفق دورية محددة المدة، كدورة البقع الشمسية مثلاً، وهذا يجعل التنبؤ بظاهرة النينو لا يتم إلا قبل حدوثها بفترة عندما تبدأ طلائع التغيرات الجوية والمحيطية الدالة عليها بالظهور، قياساً بالأحداث الماضية (شكل رقم: ٩-١٠).

ومن الثابت أن معظم أحداث النينو تستمر ما لا يقل عن عشرة شهور، موزعة على



(شكل رقم ٩٠٩) مناطق ترس النينو

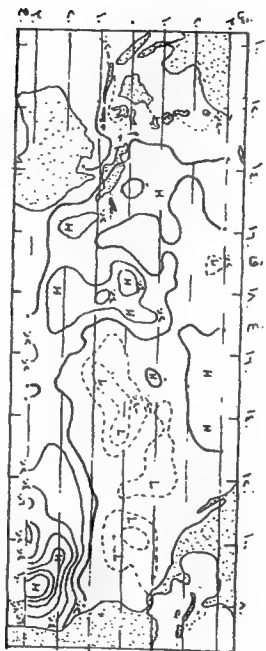


مختلفين، بحيث تكون على أشدها عموماً عند بداية السنة الميلادية، وهذا ما يتضح من أحداث النينو في القرن العشرين المتداخلة في سنتين، والشديدة منها ربما نجدتها متداخلة في ثلاث سنوات، مستمرة من آخر سنة إلى السنة التالية، وأوائل السنة اللاحقة لها (١٩٣٩، ١٩٤٠، ١٩٤١). ورغم أن توقيت النينو مختلف من دورة إلى أخرى، ومختلف مع ذلك في سعة وامتداده، ومن ثم في قوته واستمراريته، إلا أن أقصى قوة له تكون في فترة الشمس الجنوبية (بداية السنة الميلادية)، ومع ذلك فإن الشذوذ الحراري الذي تنصف به ظاهرة النينو يكاد يتم وفق دورة سنوية، تشمل على عدة فصول، كل فصل يشتمل على ثلاثة شهور، بحيث تكون إرهاباته الأولى مع بداية شهر أغسطس، وفصوله هي كما يلي: خلال شهور أغسطس وسبتمبر وأكتوبر لم تتضح معالم ظاهرة النينو وليس هناك من آثار تدل عليه، وإنما يتم معرفة مقدماته الأولية من خلال التغيرات التي تعترض الذبذبة الجنوبية. وتعد شهور نوفمبر وديسمبر ويناير، الفترة السابقة لقمة النينو. (والشكلان: ١١ - ٩، ١٢ - ٩) يوضحان هذه المرحلة والمرحلة السابقة لها.

وفي خلال مرحلة قمة النينو في شهور مارس وأبريل ومايو، فإن الشذوذ الحراري يكون إيجابياً فوق معظم المحيط الهادي المداري الشرقي مع امتداده الأكبر بعيداً عن ساحل بيرو وفي حزمة ممتدة من هناك إلى المنطقة الاستوائية في المحيط الهادي الغربي. ويبدو وجود حرارة عظمى في المحيط الهادي الاستوائي الأوسط، ولكنها أضعف من القمم الشرقي، مع فاصل بينهما يزيد نسبياً. وفي هذه الفترة تضعف الرياح التجارية بشكل كبير فوق المحيط الهادي الاستوائي الأوسط، شكل (١٣ - ٩، ١٤ - ٩).

وخلال الفترة التالية لقمة النينو (شهور أغسطس وسبتمبر وأكتوبر)، فإن الشذوذ الحراري الإيجابي لسطح المياه كان قد ساد في الهادي الاستوائي كله من أمريكا إلى غرب لخط التاريخ، ولكنه كان أضعف من الفترة السابقة (شكل: ١٥ - ٩). مع حدوث انتقال للمياه الحارة بعيداً عن ساحل بيرو، لينتشر الماء الحار في المحيط المفتوح ضمن حزمة إلى الجنوب أو قرب الهادي الاستوائي الشرقي، منفصلاً عنه حرارة عظمى في المحيط الهادي الاستوائي الأوسط. وتتميز الرياح التجارية في هذه المرحلة بضعف ملحوظ في الهادي الاستوائي الأوسط والغربي (شكل: ١٦ - ٩).

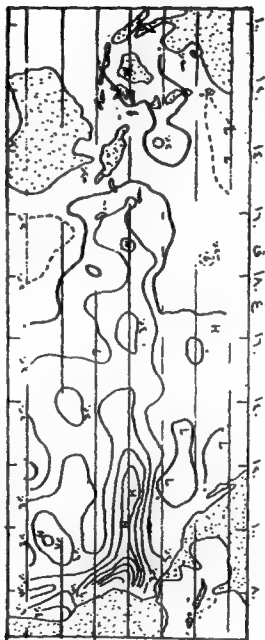
وعلى الرغم من الخصائص العامة المشتركة بين أحداث النينو كافة، إلا أن لكل حادثة نينو خصوصيتها المميزة لها؛ من حيث قوتها ومجال سيادتها وفترة استمراريتها. ذلك أن اختلاف استجابة المياه العلوية تعتمد على التوزيع الطولي لقوة ضغط الرياح



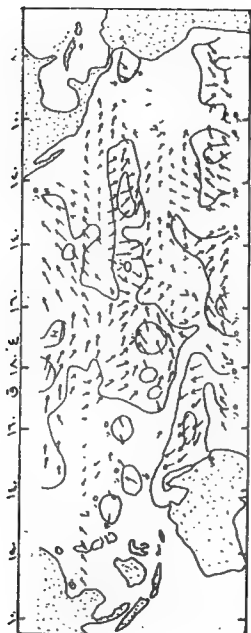
(شكل رقم ١١) التوزيع الموزون لسطح المحيط خلال الفترة من نوفمبر إلى يناير السابقة للتسونامي



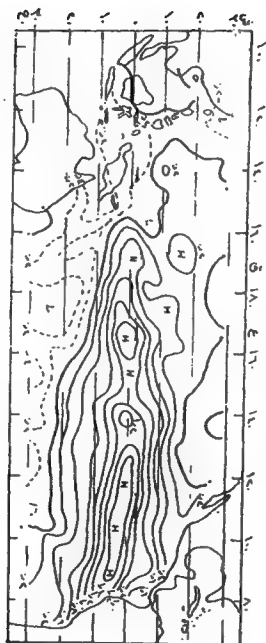
(شكل رقم ١٢-٩ حركة الرياح خلال الفترة من نوفمبر الى يناير)



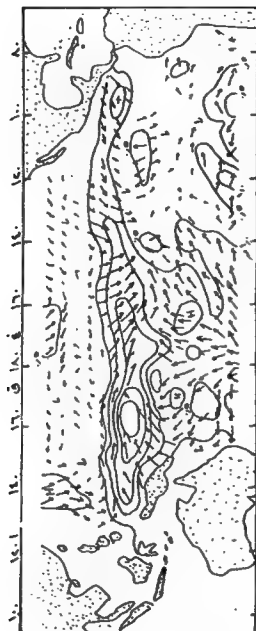
(شكل رقم ١٠١٣: التوزيع الحراري لسطح المحيط خلال فترة الفترة الممتدة من ١٩١٢ - ١٩١٣)



(شكل رقم ٩-١١) حركة الرياح خلال العاصفة (مايو - مايو)



(شكل رقم ٩٠) الشدود الصوري لسفوح المحيط خلال الفترة من أغسطس إلى أكتوبر (الناحية لعمدة الشينو)



(شكل رقم ١٦) حركة الرياح خلال الفترة من (المستطع إلى أكتوبر) (التالية لقمعة النينيو)

الشرقية فوق المحيط الهادئ الاستوائي. وفي كافة أحداث النينو التي درست مؤخراً كان التركيز يتم على معرفة مقدار الضعف في التجاريات غرب خط التاريخ الدولي في أواخر السنة السابقة لوقوع ظاهرة النينو.

ومن أحدث ظاهرة النينو العنيفة بل أعنفها خلال القرن العشرين، أحداث أعوام ١٩٢٥، ١٩٧٢، ١٩٨٢، ١٩٨٣، وأخيراً عامي ١٩٩٧ - ١٩٩٨. وقد تجلّى ذلك بالآثار الكبيرة التي أحدثتها تلك الجولات على مناخ كوكب الأرض.

والجدول التالي يبين أحداث النينو خلال الفترة (١٨٩٩ - ٢٠٠٠) مصدفة حسب درجات شدتها.

السنة	درجة الشدة	السنة	درجة الشدة
١٨٩٩	قوية	١٩٤٦	ضعيفة جداً
١٩٠٠	معتدلة	١٩٤٨	ضعيف جداً
١٩٠٢	معتدلة	١٩٥١	ضعيفة
١٩٠٥	معتدلة	١٩٥٣	معتدلة
١٩١١	قوية	١٩٥٧	قوية
١٩١٢	معتدلة	١٩٥٨	قوية
١٩١٤	معتدلة	١٩٦٣	ضعيفة جداً
١٩١٧	ضعيفة	١٩٦٥	معتدلة
١٩١٨	قوية	١٩٦٩	ضعيفة
١٩١٩	معتدلة	١٩٧٢	قوية
١٩٢٣	ضعيفة	١٩٧٣	قوية
١٩٢٥	قوية	١٩٧٥	ضعيفة جداً
١٩٢٦	قوية	١٩٧٦	معتدلة
١٩٢٩	معتدلة	١٩٨٢	قوية
١٩٣٠	معتدلة	١٩٨٣	قوية
١٩٣٢	ضعيفة	١٩٨٦	معتدلة
١٩٣٩	معتدلة	١٩٨٧	ضعيفة
١٩٤٠	ضعيفة	١٩٩١	ضعيفة
١٩٤١	قوية	١٩٩٢	ضعيفة جداً
١٩٤٣	ضعيفة	١٩٩٧	قوية
١٩٤٤	ضعيفة	١٩٩٨	قوية

ويتضح من الجدول أنه خلال القرن العشرين كان هناك (٤١) سنة حدثت فيها ظاهرة النينو، والباقي (٥٩) سنة كانت من سنوات عدم حدوث ظاهرة النينو وهى سنوات عادية حدثت فيها ظاهرة النينا.

ويؤدى حدوث ظاهرة النينو إلى ظهور تأثيرات مناخية وحيوية عامة يمكن أن نجعلها فيما يلى : إذا كان النينو ظاهرة مائية، فإنه لا يمكن عزله عن الجو المحيط به الذى يمارس دوراً فعالاً فى تشكيله. وبما أن المنطقة المدارية يبابسها ومائها بما تملك من فائض طاقة وبخاصة البحار والمحيطات، هى المحرك الرئيسى للجو الأرضى، فإن أية تغييرات كبرى فى المخزون الحرارى المحيطى وفى درجة حرارة سطح الماء بمساحات كبرى سيترك آثاره فى تغيرات المناخ الواسعة فيها. ولا يقتصر تأثير النينو المناخى فى حركة الجو فى المنطقة المدارية فقط، بل يتعداها إلى العروض الوسطى. كما أن لظاهرة النينو آثاراً واضحة فى تركيز ثانى أكسيد الكربون وفى نشأة العواصف والأعاصير، وقلة الأمطار فى منطقة ووفرته فى منطقة أخرى، وارتفاع الحرارة وانخفاضها .

كما نجد أن من نتائج ظاهرة النينو فى العروض المدارية تنشيطها للحركة الجوية، ومن ثم زيادة فاعلية الرياح التجارية فى تحريك المياه ودفعها غرباً فى فترة اللانينو التى تشكل مرحلة فاصلة ما بين حادثتى نينو. يلى ذلك تراكم فاعل للمياه فى غرب المحيط الهادى، ومن ثم نشأة النواة الأولى لبدية نينو. فيما يشبه الدورة الذاتية التى يحركها النينو نفسه، والتى يشار إليها بما اصطلح عليه تسمية التغذية الاسترجاعية. كذلك لا يقتصر تأثير ظاهرة النينو على حركة الجو بين المدارى، وإنما يتعدى ذلك إلى العروض الوسطى عند المستويات العلوية والسطحية. إذ ينجم عن ظاهرة النينو كما أشرنا سابقاً تزايد فى انتقال الهواء والطاقة فى المستوى العلوى من طبقة التروبوسفير إلى حزام الضغط المرتفع شبه المدارى (دائرة عرض ٣٠°) مؤدياً ذلك إلى تعاظمه فى المستويات العليا والدنيا، مترتباً عليه تدرج كبير فى الضغط باتجاه القطبين، وبالتالي ازدياد فى سرعة الرياح الغربية العلوية وفى حركتها النطاقية، فينعكس ذلك على طبيعة الحركة الموجبة العلوية؛ من حيث سعة الموجات وطولها، والمعروفة عموماً بأعماق روسبى المصاحبة للتيار النفاث القطبى، بما لها من دور فى توجيه المنخفضات الجوية السطحية، وفى تشكيلها، مما تظهر آثاره واضحة فى تقلبات الطقس فى العروض الوسطى، كاستجابة مباشرة أو غير مباشرة لظاهرة النينو، تتمثل عموماً بشدة الاضطراب الجوى فى العروض بين ٤٠

- ٦٠ درجة شمالاً وجنوباً، وباضطراب أقل في العروض شبه المدارية، التي يزداد في أوجائها العليا حركة التيار النفاث شبه المدارى مع فترة ظاهرة النينو.

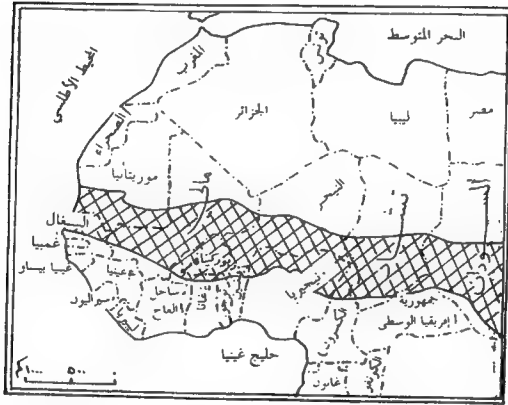
وإذا كان تدفق ثانى أكسيد الكربون من المحيط إلى الجو ينقص كثيراً في فترة النينو، فإن هذا الأمر لا يكفي لتفسير التذبذبات الملحوظة في مستويات ثانى أكسيد الكربون الجوية الأرضية أو الإقليمية. كما أن اختلافات ثانى أكسيد الكربون خلال أحداث النينو من حيث المكان والزمان لا يمكن عزوها عن مصادره الأساسية من الغلاف الحيوى والصخرى.

ولقد أشار بعض العلماء، إلى أن الزيادة الرئيسة في ثانى أكسيد الكربون الجوى عند نهاية فترة النينو مصدرها الغلاف الحيوى الأرضى، وسببها الجفاف والحرائق في آسيا الجنوبية الشرقية المصاحبة مع فشل الموسميات، وهذا ما يعاكس الشذوذ السلبى في فترة النينو بفعل تدنى نسبة التدفق المحيطى والحيوى.

وقد أرجع سبب الاختلافات الإيجابية في ثانى أكسيد الكربون خلال الفترة الحالية في المحيط الهادى المدارى (١٩٩١ - ١٩٩٤) إلى اندفاع جبل بيناتوبو البركانى (يونيو ١٩٩١)، وما تلاه من تبريد في الجو بسبب سحابة الأيروسول البركانية الاستراتوسفيرية. وأنه لمن المعتقد أيضاً أن أحوال النينو تعد عاملاً يحد من تطور العواصف المدارية والهاريكين في المحيط الأطلسى، ولكن أعداد العواصف المدارية تتزايد فوق المحيط الهادى الشرقى والأوسط. غير أن ظاهرة النينا (مرحلة البرودة) في المحيط الهادى الاستوائى تكون ملائمة لنشأة الأعاصير المدارية (الهاريكين) وتطورها.

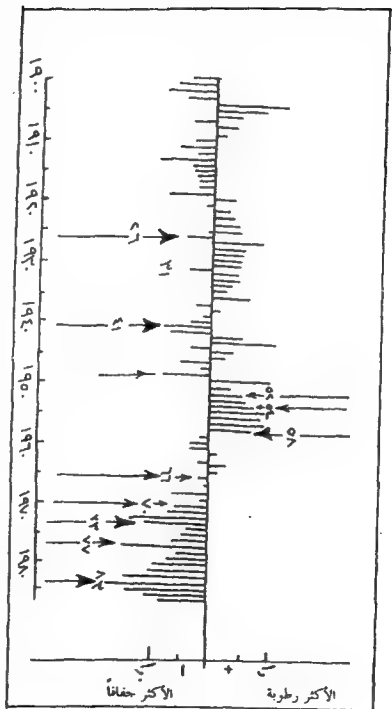
كما أكدت دراسة العلماء لأحداث النينو المتكررة خلال القرن العشرين على أنه يصاحبها شذوذ ملحوظ في درجات الحرارة والأمطار، وحدوث انزياح باتجاه الشرق لنشاط العواصف الرعدية؛ من إندونيسيا إلى أولهط المحيط الهادى، مصاحباً عادة بحالات من الجفاف عبر العادية في استراليا الشمالية وإندونيسيا والفلبين، وحالات جفاف غير عادية في إفريقيا الجنوبية الشرقية والبرازيل الشمالية. وخلال الصيف الشمالى، يحدث ضعف كبير في الرياح الموسمية، ومن ثم تناقص كبير في الأمطار الموسمية الهندية، لتكون دون معدلها بكثير، وبخاصة في الجزء الشمالى الغربى من الهند. كما تزيد كمية الأمطار أكبر من المعدل المعروف لها بكثير، على طول الساحل الغربى من أمريكا الجنوبية المدارية، وفي العروض شبه المدارية من أمريكا الشمالية (ساحل الخليج)

وأمریکا الجنوبية (جنوب البرازیل إلى أواسط الأرجنتين) - كما يكون هناك نقص ملحوظ في كمية الأمطار في إقليم الساحل الإفريقي الممتد بحزام عرضي من دائرة عرض ١٠ إلى دائرة عرض ١٨ شمالاً بعرض القارة الإفريقية (شكل ١٧ : ٩ - أ، ب).



(شكل رقم ١٧ - أ) - إقليم الساحل الإفريقي

ولقد أوضحت بعض الدراسات أن معامل الارتباط بين الأمطار السنوية وأحداث ظاهرة النينو كان سلبياً في كافة محطات إقليم الساحل الإفريقي. أما في جنوب آسيا، وجنوب شرقها، وفي الصين الجنوبية فقد لوحظ ارتفاع كبير في درجة الحرارة وبخاصة في نصف السنة الصيفي ليصل إلى بضع درجات فوق المعدل (٥ - ١٠ م فوق المعدل). كما تشهد اليابان والكوريتان شذوئاً إيجابياً في درجة الحرارة.



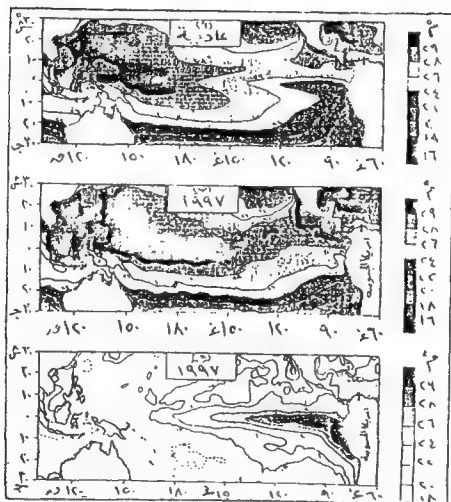
(شكل رقم ١٧-١٩) الانحدار الممطر السنوي في إقليم الساحل الغربي ومدى ارتباطه بمتوسطات التباين الهام

ومن الآثار البيئية والحيوية العامة لظاهرة النينو على سواحل أمريكا الجنوبية الغربية أنها تعرض هذا الساحل إلى الخلل في السنوات التي يتقدم فيها تيار النينو الحار من الشمال متحركاً جنوباً بضعة درجات عرضية، عاكساً آثاره على الأوضاع الاقتصادية في بيرو والإكوادور؛ حيث ينجم عن حرارة المياه الزائدة وتراجع التيار البارد، وغياب التصعيد المائي، تناقص كبير في كمية المغذيات في المحدث العلوى وحتى فقدان لها. وهذا الوضع يؤدي إلى هلاك في الأسماك، منعكساً ذلك على السلسلة الغذائية بكاملها؛ من طيور بحرية تموت بأعداد كبيرة... نتيجتها كارثة بيئية بحرية. والآثار البيئية لهذا التيار الحار غير العادى لايتوقف عند العبث بالتوازن البيئى البحرى لمياه سواحل القارة الأمريكية الجنوبية؛ بل يتعدى ذلك إلى اليابس في مناطق عدة من العالم، قريبة منه وبعيدة عنه، حيث تزداد الأمطار في مناطق إلى درجة تحول كمياتها الكبيرة الغزيرة إلى فيضانات مدمرة للتربة والمحاصيل الزراعية، وفي مناطق أخرى يتعاضم الجفاف وتندهر البيئة الحيوية، وفي أخرى ترتفع الحرارة زيادة عن المعدل معتزنة بالجفاف والحرائق المدمرة.

ومن أحدث أحداث ظاهرة النينو ما وقع عام ١٩٩٧ - ١٩٩٨ الذى يعد واحداً من أقوى ظواهر النينو المسجلة. فقد تطورت بسرعة وارتفعت درجة حرارتها أكثر من المعدل فى أية ظاهرة سابقة. وكان الظهور السريع لهذا التيار فى المحيط الهادى المدارى الأوسط والشرقى فى شهرى أبريل ومايو عام ١٩٩٧. وخلال النصف الثانى من السنة أصبح أقوى من مثيله فى عامى ١٩٨٢ - ١٩٨٣، مع شذوذ إيجابى فى درجة حرارة سطح المياه عبر الهادى الأوسط والشرقى تجاوز (٢ - ٥°م) فوق المعدل، بل أنها تجاوزت المعدل بأكثر من (٥°م) قرب جزر جالاباجوس Galapagos وعلى طول ساحل بيرو الشمالية (شكل: ١٨-٩).

ولقد ارتفعت درجة حرارة سطح المياه إلى أكثر من (٢٨°م) فى الأجزاء الوسطى والوسطى الشرقية من المحيط الهادى منذ بداية شهر مايو ١٩٩٧، لتختفى مياه المحيط الباردة العادية خلال الفترة من يونيو إلى أكتوبر. وكان التأثير التسخينى للنينو العامل الرئيسى الذى يعزى إليه تسجيل درجات حرارة مرتفعة فى العالم فى عام ١٩٩٧. حيث قدر أن متوسط درجة حرارة كوكب الأرض بيايسها ومائها كان أكبر بنحو (٠.٤٤°م) من المعدل القياسى خلال الفترة ١٩٦١ - ١٩٩٠. وتجاوز متوسط حرارة عام ١٩٩٧ السنة

الداخلة السابقة (١٩٩٥) بنحو (٣٨.٠ م). وفي منتصف شهر نوفمبر عام ١٩٩٨، كان حجم حوض مياه الفيضانات قد تناقص بنسبة ٤٠٪ عن حجمه في أول شهر نوفمبر عام ١٩٩٧، ومع ذلك فإن مساحة سطحه في المحدث 'نهدي بقيت تقارب (١.٥ مرة) مساحة الولايات المتحدة الأمريكية. والطاقة المخزنة في هذا المحيط الحار كانت كافية لإحداث تأثيرات كبرى على أنماط المناخ العالمي حتى منتصف عام ١٩٩٨.



(شكل رقم ١٨-٩) درجة حرارة المحيط الهادي العادية (١) وفي خلال نينو عام ١٩٩٧

(ب) وانحرافها عن المعدل في عام ١٩٩٧ (ج)

ولقد استمر التنبؤ حتى شهر أغسطس من عام ١٩٩٨، لتعود بعدها مياه المحيط إلى وضعها الطبيعي، وتبدأ بعدها الظاهرة العكسية التي سماها العلماء ظاهرة النينيا، كما سبق أن ذكرنا. ومن أهم الآثار المناخية الإقليمية التي عزاها العلماء إلى نينو ١٩٩٧ - ١٩٩٨، نذكر منها: أنه في استراليا سيطر الجفاف الشديد على معظم استراليا منذ شهر يونيو وتزامن مع حرائق كبيرة في الغطاء النباتي، لاقتران الجفاف بالحرارة الشديدة، وبخاصة خلال الفترة (من مايو إلى أكتوبر). وقد عانت مناطق عديدة من نقص في الأمطار تراوح بين ٤٠٠ - ٥٠٠ مليمتر في الأشهر العديدة التالية لشهر يونيو. أما في إفريقيا فقد عانت الأجزاء الجنوبية من إفريقيا الغربية من جفاف شديد منذ شهر يوليو ١٩٩٧ مثلما حدث خلال نينو ١٩٨٢ - ١٩٨٣. أما في إفريقيا الجنوبية فقد تأخرت بداية فصل الأمطار في معظم أجزائها. أما إفريقيا الشرقية، فقد تلقت في الجزء الأول من شهر نوفمبر أمطاراً غزيرة غير عادية على طول الساحل، تجاوزت المعدل بكثير. وفي أمريكا الوسطى فقد عانت من جفاف غير عادي خلال الفترة من يونيو إلى أكتوبر عام ١٩٩٧. وتعرض شمال أمريكا الجنوبية لجفاف شاذ، تجاوزها شمالاً شرقياً إلى إفريقيا الغربية شمالى خليج غينيا. أما في معظم أواسط وجنوبى أمريكا الجنوبية فقد كان الجو أرطب من المعتاد خلال (يونيو - أكتوبر). كما أن غالبية الجزء الأوسط من القارة شهد ارتفاعاً في درجة الحرارة أكثر من معدلها العام ببضع درجات. وتلقت معظم أجزاء شيلي الوسطى كمية أمطار في يوم واحد بقدر معدلها السنوى. ومثل هذه الأحوال الجوية نتج عن زيادة ارتباط ظاهرة النينو برياح التيار النفاث والعواصف عبر المحيط الهادى الأوسط والجنوبى الشرقى، وقد امتدت هذه العواصف بشكل ملحوظ إلى شرقى القارة. وفي الإكوادور وبيرو حدثت أمطار غزيرة وفيضانات ضخمة في الأجزاء الساحلية والوسطى من الإكوادور، والأجزاء الشمالية الغربية والساحلية من بيرو، وبخاصة في شهرى نوفمبر وديسمبر عام ١٩٩٧ حتى شهر فبراير من عام ١٩٩٨.

أما أمريكا الشمالية فقد عرفت أكثر آثار النينو شدة خلال الشتاء وأوائل الربيع. وبدأت آثار التيار الحار أبكر من المعتاد، وأثر على القارة بطرق عدة. فاستمرار مياه المحيط دافئة أكثر من المعتاد عند الساحل الغربى تسبب في ظهور أنواع حيوانية بحرية غير مألوفة على طول الساحل من شبه جزيرة باجا (Baja) إلى شمال غرب المحيط الهادى. كما تدنت كثيراً أعداد العواصف المدارية والهاريكين التي تضرب السواحل الشرقية وسواحل الخليج من الولايات المتحدة، لتتخفى في إعصار واحد (إعصار داني Danny).

الذى ضرب شبه جزيرة فلوريدا فى شهر يوليو ١٩٩٧ . وفى شهر أكتوبر ١٩٩٧ ضرب إعصار بولين (Pauline) جنوب غرب المكسيك محدثاً تدميراً كبيراً فى منتجع أكابولكو السياحى على المحيط الهادى . وبصورة عامة فإن الأنحاء الجنوبية والغربية والجنوبية الشرقية من الولايات المتحدة، تلقت أمطاراً غزيرة خلال الفترة من يوليو ١٩٩٧ إلى فبراير ١٩٩٨ . ليسود الجفاف والحرارة المرتفعة شمال شرقى الولايات المتحدة، حيث تدنت الأمطار إلى نحو ٥٥ - ٧٠ ٪ من معدلها العام .

وقد حل فى إندونيسيا والفلبين جفاف شديد . فالجفاف فى إندونيسيا امتد من مايو إلى ديسمبر ١٩٩٧ مصاحباً بدقائق فى الغابات خلال الفترة (من مايو إلى أكتوبر) ، ولقد تجاوز العجز فى المياه ٤٠٠ مليوناً . وشهدت الفلبين جفافاً أيضاً خلال الفترة من أكتوبر ١٩٩٧ إلى مارس ١٩٩٨ وهو موسم سيادة الرياح الموسمية الشمالية الشرقية .

أما فى آسيا فقد كان الجو رطباً مطيراً فى الهند خلال الفترتين (من مايو إلى سبتمبر) و (نوفمبر وديسمبر) . وكذلك فى شرق الهند الصينية وأقصى جنوبى الصين . غير أن أواسط الصين وشمالها عانت من جفاف صيفى شديد، وارتفاع شاذ فى درج الحرارة، مصاحب بحرارة، ونقص فى المياه، وامتد الجفاف حتى اليابان .

كما صاحبت ظاهرة النينو (١٩٩٧ - ١٩٩٨) آثار بيئية وحيوية جمة؛ لم تتوقف عند الآثار غير المباشرة التى أحدثتها الفيضانات فى منطقة، والجفاف والحرارة فى منطقة أخرى، وإنما شمل أيضاً الحياة المائية فى الأجزاء من المحيط التى تعرضت مياهها السطحية للارتفاع الحرارى، وبخاصة مياه سواحل الإكوادور وبيرو، للنقص الكبير فى الأسماك الذى حدث بهجرة بعضها وموت بعضها الأكبر .

الفصل العاشر

الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية

وآثارهما على دلتا النيل

== الفصل العاشر ==

الاحتباس الحراري* والتغيرات المناخية

وأثارهما علي دلتا : : : : : يل

مقدمة

أثبت العلماء في إنجلترا والولايات المتحدة الأمريكية أن الاحتباس الحراري موجود بالفعل كواحدة من الظواهر الطبيعية البيئية لها مكوناتها وعناصرها ومؤثراتها، وليس مجرد افتراض علمي يستل على صحته من وجود ظواهر أخرى تفسره أو تدعم افتراض وجوده. وقد توصل العلماء إلى هذا الانجاز من مهارة البيانات المستمدة من مرئيات النقطتها الأقمار الاصطناعية للأرض والغلاف الجوي بفارق زمني قدره سبعة وعشرون عاماً، إذ أظهرت هذه المرئيات - بتحليل بياناتها - تناوّل كمية الاشعاعات التي تنسرب من الغلاف الجوي للأرض إلى الفضاء الخارجي. ومن المعروف أن الدليل الذي كان يستند إليه العلماء لم يكن يتعدى - في أفضل الحالات - التحليلات الحاسوبية والاستنتاجات المبينة عليها، وكان المنهج الأكثر شيوعاً في إثبات وجود احتباس حراري يتمثل في تحديد عدد من الظواهر العرعية التي لم تكن لتوجد أصلاً وتصبح قابلة للملاحظة لو لم يكن هناك احتباس حراري. واستخدم العلماء لاثبات ظاهرة الاحتباس الحراري المرئيات التي النقطتها مركبة الفضاء الأمريكية تيمبوس - ٤ في عام ١٩٧٠ والتي أطلقتها وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) لدراسة سطح الأرض والتغيرات في الغلاف الجوي لمدة ثمانية أشهر - من إبريل ١٩٧٠ حتى يناير ١٩٧١ - والقمر الاصطناعي (ديوس) الذي أطلقته أليابان في أكتوبر عام ١٩٩٦ لأغراض دراسة ومراقبة كمية الغازات الموجودة داخل الغلاف الجوي. ومن النتائج التي توصل إليها العلماء أن ظاهرة الاحتباس الحراري يبدو أنها الخطر القادم لكوكب الأرض بعد الزلازل والأعاصير والسيول والفيضانات.

وينسب عن الاحتباس الحراري تغيرات مناخية محلية وإقليمية وعالمية والتي لها آثار خطيرة على حياة الشعوب واقتصاديات الدول مما يؤثر بالسلب على التقدم والرفى

(*) يعرف كذلك بالاحتباس الحراري أو الاحترار العالمي، أو ظاهرة الدفيدة، أو ظاهرة الصوية الزجاجية أو ظاهرة البيوت الزجاجية والتي ينتج عنها ارتفاع درجة حرارة كوكب الأرض، وقد أجمع أهل الأرض على حدوثه ولكنهم اختلفوا اختلافاً بيناً في تقدير كميته ومعدلاته.

للإنسان. ويتفق الجميع في الشرق والغرب والشمال والجنوب على حدوث التغيرات المناخية كظاهرة بدأ الاحساس بها بعد سنوات من بداية الثورة الصناعية وقيام البشرية بحرق كميات هائلة من الوقود الحفري (الفحم والبتترول). ويختلف معظم البشر في تفسير بعض ظواهر المناخ خاصة أن هناك ظواهر أصبحت تدعو إلى الجدل مثل الارتفاع في درجة الحرارة الشاذ في بعض الأيام أو سقوط الأمطار أو تلوج في الصيف أو قيام عواصف وأعاصير في أماكن لم تعدها بعض المناطق أو حدوث تغير شديد في المناخ في نفس اليوم مثل البرودة الشديدة في الصباح الباكر والحرارة الشديدة في منتصف النهار، ولكل فرد نظرياً نظرية بشأن هذه التغيرات في المناخ.

ويهتم هذا الفصل بدراسة هاتين الظاهرتين، الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية، اللتين احترم نقاش مفرط عنهما واثير جدل مستفيض حولهما وعقدت لهما ندوات علمية عديدة ومؤتمرات عالمية متعددة لعل من أشهرها مؤتمر قمة الأرض الذي ينعقد كل عشر سنوات ابتداء من عام ١٩٩٢ في ريودي جانيرو، وكان مواعده الثاني عام ٢٠٠٢ في جوهانسبرج بجنوب أفريقيا.

أولاً: ظاهرة الاحتباس الحراري

إن فكر لفظة الاحتباس الحراري، العالم الكيميائي السويدي، سفانتى أرينيوس، عام ١٨٩٦. لقد أطلق أرينيوس نظرية أن الوقود الحفري المحترق سيزيد من كميات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وأنه سيؤدي إلى زيادة درجة حرارة الأرض. ولقد استنتج أنه في حالة تضاعف تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي فأننا سنشهد ارتفاعاً بمعدل ٤ أو ٥ درجة مئوية في درجة الحرارة، ويقترب ذلك على نحو ملفت للنظر من توقعات اليوم. ومن المعروف أن أثر الاحتباس الحراري ولملايين السنين قد دعم الحياة على هذا الكوكب. وفي مثل ما يحدث في درجة البيت الزجاجي فإن أشعة الشمس تتغلغل وتسخن الداخل إلا أن الزجاج يمنعها من الرجوع إلى الهواء المعتدل البرودة في الخارج. والنتيجة فإن درجة الحرارة في البيت الزجاجي هي أكبر من درجات الحرارة الخارجية. كذلك الأمر بالنسبة لأثر الاحتباس الحراري فهو يجعل درجة حرارة كوكبنا أكبر من درجة حرارة الفضاء القارضة. ومن المعروف كذلك أن كميات صغيرة من غازات الاحتراق المتواجدة في الجو تلتقط حرارة الشمس لتسخن الأرضي والهواء والمياه مما ينفخ للروح في أشكال الحياة. ويفضل إمكانية غازات الاحتراق على النقاط حرارة الشمس فإن هذه الحرارة تبقى في الغلاف الجوي بالقرب من سطح الأرض لمدة تكفي لتبخير المياه من التربة والنباتات والأنهار والبحيرات والمحيطات لتتصاعد في أعلى الغلاف الجوي البارد لتشكل السحب والأمطار.

وقيل الثورة الصناعية فأن غازات الاحتراق المنتشرة بشكل طبيعي في الغلاف الجوى امتصت كميات كافية من حرارة الشمس لتبقى العالم في درجة حرارة متوسطة تصل إلى ما يقارب ١٥ درجة مئوية. ولكن اليوم فأن الغازات المصطنعة تحبس كميات متزايدة من حرارة الشمس في الغلاف "جوى المنخفض وتمنعها من الانطلاق في الفضاء. كنتيجة لذلك فيتوقع أن ترتفع درجات الحرارة العالمية ما بين ٢-٥ درجة مئوية بحلول ٢١٠٠، وأن تستمر بالارتفاع حتى تخفض انتشار غازات الاحتباس بشكل تقترب كميات تركيزاتها في الغلاف الجوى مرة أخرى من مستويات ما قبل الثورة الصناعية.

وكل عام تؤدي مختلف الأنشطة البشرية إلى انتشار ٥.٧ ألف مليون طن من الكربون في الغلاف الجوى إضافة إلى كميات كبيرة من غازات الاحتباس الأخرى كالكلورو فلوروكربون والميثان وثنائي أكسيد النيتريت. ويعد ثاني أكسيد الكربون غاز الاحتباس الرئيسي والمسؤول عن ٥٥٪ من الاحتراق العالمي. ويقدر أن أربعة أخماس إجمالي ثاني أكسيد الكربون المنبعث بواسطة الأنشطة الانسانية مصدره الوقود الحفري المحترق، كالنفط والغاز، ومعظم الباقي ينجم عن قطع أشجار الغابات الاستوائية.

ويعد الكلور وفلورو كربون المستخدم في التبريد ومكيفات الهواء وتصنيع المطاط والمواد العازلة وفي قناتي الايروسول، أكبر أسباب الاحتراق العالمي - حوالى ٢٤ في المائة - فيما يساهم الميثان بمعدل ١٥٪، ويساهم كذلك ثاني أكسيد النيتريت بمعدل ٧٪. وتبقى غازات الاحتراق في الغلاف الجوى لعقود وحتى لقرون، ونتيجة لذلك فأننا حتى ولو وضعنا حدا لجميع الغازات فأن الكوكب سيستمر في الاحتراق والمناخ بالتغير لمدة قرن على الأقل.

أصل الظاهرة

ينطلق إلى الغلاف الجوى غاز ثاني أكسيد الكربون بمعدلات كبيرة كنتيجة لعوامل طبيعية ولكن المنبعث من ذلك الغاز بفعل الطبيعة تمتصه عوامل طبيعية أخرى كالأشجار والنباتات وبذلك يتحقق التوازن البيئى على المدى الطويل. غير أن النشاط البشرى يطلق أيضاً كميات متزايدة من ذلك الغاز مما يؤدي إلى زيادة تركيزه في الغلاف الجوى محدثاً ما يعرف بظاهرة البيت الزجاجى أو الاحتباس الحرارى Green House Effect وهو ما يؤدي بدوره إلى ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوى، ومن هنا اتجه التفكير إلى الربط بين ما ينبعث من تلك الغازات نتيجة للنشاط البشرى وبين هذه الظواهر التى تهدد نوعية الحياة على كوكب الأرض.

وتأييداً لتلك النظرية يقول أنصار حماية البيئة أن درجة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون قد ارتفعت على مدى الأعوام المائة الماضية من نحو ٢٧٠ إلى ٣٥٠ جزءاً في المليون، وهي زيادة تصل إلى نحو ٢٠٪ خلال الفترة المذكورة وينتظر أن يزداد التركيز إذا استمر الحال على ما هو عليه الآن ليصل إلى ضعف ما كان عليه وذلك في النصف الثاني من القرن الحادي والعشرين أى قرابة ٥٤٠ جزءاً في المليون. وتشير الدراسات التي قدمت لمؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والتنمية الذي عقد في ريودي جانيرو بالبرازيل عام ١٩٩٢ ويعرف باسم قمة الأرض، أن متوسط درجة حرارة الغلاف الجوي قد ارتفع خلال الأعوام المائة الماضية بما يتراوح بين ٠.٣ و ٠.٦ درجة مئوية.

وكان المنبعث من الكربون نتيجة للنشاط الصناعي وغيره من الأنشطة البشرية عام ١٩٥٠ يبلغ نحو ١.٦ مليار طن، ومع استمرار نمو استهلاك الوقود الحفري (الفحم والبتروول والغاز الطبيعي) ارتفعت انبعاثات الكربون لتبلغ في عام ١٩٩٠ نحو ستة مليارات طن- وإذا يتأكد الكربون بحيث يتحول طن الكربون إلى ما يعادل نحو ٣.٦٧ طن ثاني أكسيد الكربون- ونحو ٢٩ مليار طن عام ٢٠١٠ ونحو ٣٦ مليار عام ٢٠٣٠، ويرى أنصار حماية البيئة أن ذلك التطور من شأنه أن يرفع حرارة الغلاف الجوي بحلول عام ٢٠٥٠، بحيث تؤدي إلى إذابة الغطاء الجليدي في القطبين الشمال والجنوبي فيرفع مستوى المياه في البحار والمحيطات لكي يغرق الأراضي الساحلية المنخفضة على سطح الأرض بما في ذلك أجزاء من الساحل الشمالي المصري.

وفي محاولة للرد على النظرية التي تربط بين انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون وظاهرة الاحتباس الحراري يقول بعض الخبراء: إن الفترات التي ارتفعت خلالها حرارة الغلاف الجوي عبر السنوات المائة الماضية لم تتزامن مع فترات ارتفاع التركيز في ذلك الغاز، وأن البرامج التي تستخدم فيها الحسابات الآتية وإن كانت تتوقع ارتفاع حرارة الغلاف الجوي في المستقبل إلا أنها لا تتفق فيما يتعلق بدرجة ذلك الارتفاع.

ويرتكز اهتمام أنصار حماية البيئة حول السعي لخفض كثافة الطاقة المستخدمة لإنتاج السلع وأداء الخدمات وهو ما يترتب عليه بالضرورة خفض كثافة الكربون الذي يتخلف عن استهلاك الطاقة وينطلق في الغلاف الجوي مسبباً ظاهرة الاحتباس الحراري.

ونقاس كثافة الطاقة بما يلزم استهلاكه من الطاقة لإنتاج وحدة من الناتج المحلي

الاجمالي GDP معبراً عنه بوحدات نفدية كالدولار، كما تقاس الطاقة المستهلكة (أو المنتجة) بوحدات قياس مشتركة. إذ يتم تحويل مختلف مصادر الطاقة إلى طن أو برميل بخرو مل معادل. أو إلى وحدات حرارية بريطانية. ويتأثر هذا القياس بدوره بمستوى كفاءة المعدات والأجهزة المستخدمة للطاقة. مثل محطات توليد الكهرباء، والأجهزة التي يستخدمها المستهلك النهائي في استهلاك الطاقة، ووسائل النقل والمواصلات.. إلخ. كذلك تتأثر كفاءة الأجهزة والمعدات بالأسعار النسبية للطاقة وغيرها من عوامل الإنتاج التي تسهم في اقتصاد الدولة مثل رأس المال والعمل فكلما كانت تكلفة الطاقة أعلى من تكلفة غيرها من عوامل الإنتاج. ازداد الحافز للاستثمار في تنمية تكنولوجيا كفاءة الطاقة وفي دعم أنشطة البحث والتطوير الموجهة لتحسين تلك الكفاءة، وكلما كانت تكلفة الطاقة تمثل جانباً مهماً من ميزانية المنتج. ازدادت الرغبة في تقليص حجم ما يستهلك منها، وارتفع بذلك الحافز لترشيدها اقتصادياً في تكلفتها المربغة. ويعكس ذلك يكون الحال، كلما انخفضت أسعار الطاقة أو نضاءت لفترة طويلة ففي تلك الحالة يقلص الحافز للإنفاق على ترشيد الطاقة ورفع كفاءتها.

كذلك تتأثر كثافة الطاقة بعامل لا يرتبط مباشرة بسعرها أو تكلفتها، وهو ما يعرف بمعدل التغير الذاتي لاستخدام الطاقة. ومن ذلك ما يحدث مستقلاً عن التغير في أسعار الطاقة، من تغيرات في معايير وكفاءة الأجهزة والمعدات المستهلكة للطاقة، وما يحدث أيضاً من تغير في أذواق وتفضيلات المستهلكين وبصفة عامة حتى يدون وضع وتنفيذ سياسة معينة لتحسين كفاءة الطاقة، فمن الممكن أن تتجه كثافة الطاقة إلى الانخفاض تدريجياً، وذلك على نحو ما يحدث بالفعل في الدول الصناعية المتقدمة نتيجة للجهود التي تبذل لخفض تلك الكثافة دون النظر إلى أسعارها.

وقد انخفضت كثافة الطاقة (أي ارتفعت كفاءتها) بصورة مطردة في معظم الدول الصناعية الغربية نتيجة لما قامت بوضعه وتنفيذه من برامج صارمة لترشيد الطاقة وتحسين معاييرها، إنتاجاً واستهلاكاً، كذلك اقترن بتلك البرامج اتجاه الاقتصادات الصناعية الغربية إلى إحلال الصناعات ذات الكثافة الخفيفة في استهلاك الطاقة محل الصناعات الكثيفة في استخدامها. ومن ذلك حدث في الولايات المتحدة، إذ انخفضت كثافة الطاقة فيها بمعدل ٢.٢٪ سنوياً في المتوسط خلال الفترة ١٩٧٠ - ١٩٨٠، وبمعدل ١٪ سنوياً في المتوسط خلال الفترة ١٩٨٦ - ١٩٩٨. وهي الفترة التي تآكلت خلالها أسعار البترول فلم تعد تمثل جانباً مهماً في تكلفة السلع الصناعية، وكذلك بعد أن أنجزت برامج ترشيد الطاقة أهم أهدافها في تحجيم الهدر في استخدام الطاقة.

وبذلك انخفض حجم الطاقة المستخدمة لإنتاج ما قيمته دولار واحد (بقيمة ثابتة) من الناتج المحلي الإجمالي في الولايات المتحدة من نحو ١٨ ألف وحدة حرارية بريطانية عام ١٩٧٣ إلى نحو ١٠ آلاف وحدة عام ١٩٩٩. ومع ذلك لا تزال الولايات المتحدة الأكثر إسرافاً في استهلاك الطاقة بين نظائرها في المجموعة الصناعية الغربية، إذ لا يتجاوز حجم الطاقة المستهلكة في الاتحاد الأوروبي لإنتاج ما قيمته دولار نحو ٧٨٠٠ وحدة حرارية بريطانية. وبالنسبة للبترول بصفة خاصة لا يتجاوز استهلاك الاتحاد الأوروبي ثلثي ما تستهلكه الولايات المتحدة بالنسبة لكل وحدة من وحدات الناتج المحلي الإجمالي.

وكما ذكرنا تتخلف عن حرق الوقود الحفري تركيزات كربونية تتفاعل في الجو مع الأوكسجين فتتحول إلى ثاني أكسيد الكربون. ونقاس كثافة الكربون بمقدار ما يتخلف منه عن إنتاج وحدة من الطاقة. ومن أمثلة ذلك ما يطلق في الجو من الكربون ضمن عادم الأفران في المنشآت الصناعية ووقمان الطوب وحريق قش الأرز إلى آخر ما نعاين عندما تشتد كثافة السحابة السوداء على مدينة القاهرة. ففي كل حالة من تلك الحالات يقترن بكل وحدة من الطاقة المنتجة كمية من الكربون تسبب إليها فيما يعرف اصطلاحاً بكثافة الكربون. ومن ثم فإن تلك الكثافة تختلف باختلاف المحتوى الكربوني لكل مصدر من مصادر الطاقة المستخدمة. فالطاقة النووية ومعظم مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة، مثل طاقة الرياح والشمس والطاقة الكهرومائية، لا يتخلف عنها شيء من الكربون أما مصادر الطاقة الحفرية (الفحم والبترول والغاز الطبيعي) فيختلف محتواها الكربوني بحسب المصدر. إذ يرتفع ذلك المحتوى بالنسبة لكل وحدة حرارية منتجة في حالة الفحم، ويتدرج انخفاضاً في الزيت ثم في الغاز الطبيعي. ومن ذلك أن احتراق ما يعادل طناً من البترول تحت ظروف معيارية متماثلة يتخلف عنه في حالة الفحم نحو ١,٠٥ طن كربون، بينما يتخلف عن البترول ٠,٨٢ طن كربون، ويتخلف عن الغاز الطبيعي ٠,٦٣ طن كربون، وكما ذكرنا فإن الكربون يتأكسد عند انطلاقه إلى الجو بحيث يتحول طن الكربون إلى ما يعادل نحو ٣,٦٧ طن ثاني أكسيد الكربون..

ولا يعد ثاني أكسيد الكربون المسئول لوحده عن ظاهرة الاحتباس الحراري بل هناك مجموعة غازات أخرى - تعرف بالمجموعة الحابسة للحرارة في الهواء - وتعد هي الأخرى مسئولة عن الظاهرة وهي غازات بخار الماء والميثان وأكسيد النيتروجين وكلوروفلورو كربون والسوت $Seot$ أو الهباء الجوي والدخان حيث أن هذه الغازات تظل منفذة شفافة لأشعة ضوء الشمس للأرض في اتجاه واحد وليس العكس، بمعنى أن

الطاقة الحرارية المرتدة من الأرض لا تنفذ إلى الفضاء. وهناك دلائل ودراسات تؤكد زيادة في تلك التركيزات للغارات الحابسة للحرارة، فغاز ثاني أكسيد الكربون بلغ تركيزه ٣٠٪ وغاز الميثان ١٠٪ - وهو الغاز الناتج عن بعض أنشطة الزراعة، مثل زراعة الأرز وتربية الحيوانات والمخلفات الحيوانية. كما أثبتت القياسات المسجلة إلى أنه خلال العشرين عاماً الأخيرة قد سجلت أقصى ارتفاع لدرجات الحرارة خلال القرن العشرين حيث سجل عام ١٩٩٨ أعلى ارتفاع لدرجة الحرارة لكوكب الأرض منذ بدء عمليات القياس عام ١٨٦٠.

واثبتت الدراسات كما أكد البحث العلمي معنى وجود ظاهرة «الاحتباس الحراري» كظاهرة طبيعية معاصرة - بعدما كان يظن أنها فرضاً علمياً أو حتى ضرباً من الوهم - وقد توصل العلماء البريطانيون إلى إثبات أن الاحتباس الحراري موجود بالفعل وكان ذلك بمثابة أول دليل علمي على وجود هذه الظاهرة كظاهرة طبيعية لها مكوناتها وعناصرها ومؤثراتها. وتم هذا الانجاز عبر تحديد الفوارق بين البيانات المستمدة من مرئيات الأقمار الاصطناعية عن الأرض والغلاف الجوي والتي تفصل بينهما مده قدرها سبعة وعشرون عاماً حيث وجدوا أن أبرز هذه الفروق هو زيادة كمية الموجات الاشعاعية ذات الحزم المنشورية، والتي تعد من الخواص المميزة للغازات ثاني أكسيد الكربون والميثان والأوزون وهي الزيادة التي تعد مسئولة عن تآكل طبقة الأوزون. كما أن هناك علاقة اضطرابية بين هذه الزيادة واحتباس حرارة الشمس داخل الغلاف الجوي. وقد أبدى العلماء حرصاً شديداً على التأكد أولاً من صحة البيانات المستقاة من المرئيات الفضائية وذلك بالجمع بين أسلوب المقارنة والملاحظة مع الحسابات بواسطة الحاسب الآلي، وكذلك من خلال استبعاد دور عوامل قد يظن أنها تفنسي إلى نفس التأثير، مثل تراكم السحب. ولهذا أدركوا ضرورة التوصل إلى صياغة معادلة رياضية لحساب معامل انقشاع السحب، واعتمدوا في ذلك على فصل قطاعات منشورية للاشعاعات متويلة الموجة والتي تنبعث من الأرض، واعداد وصف تحليلي لهذه القطاعات ثم تحويله إلى مجموعة من البيانات التي تشكل فيما بينها مقياساً موثقاً به بكمية الحرارة التي تتسرب من الأرض إلى الغلاف الجوي. وكمية الحرارة هذه تعد بدورها مؤشراً أساسياً لقياس كمية الغازات الحبيسة داخل الغلاف الجوي. وحرصاً أيضاً على التأكد من صحة البيانات وسلامة قواعد القياس والمقارنة بين فترتين زمنيتين مناظرتين فصليا ومناخيا من الناحية النظرية (من ابريل حتى يونيو ١٩٧٠، ونفس الشهور الثلاثة من عام ١٩٩٧ لأقاليم تتميز بصفاء سمائها تماماً) فقد نبه العلماء إلى أنه لا يصلح استنتاج أن درجة حرارة سطح الأرض آخذة في الارتفاع هي الأخرى إذا

أن هناك احتمالاً لأن تؤدي زيادة الاحتباس الحراري داخل الغلاف الجوي إلى زيادة مناظرة أو موازية في كمية السحب التي تقوم بدور العواكس للأشعة الشمسية وبالتالي تقلل من كمية حرارة الشمس التي تصل إلى سطح الأرض.

ومن المتوقع أن يؤدي التحقق من وجود ظاهرة الاحتباس الحراري وإثباتها استناداً إلى الملاحظة والتجربة على أسباب التغيرات التي تطرأ على حزم الإشعاعات طويلة الموجة التي تنبعث من الأرض بأن السبب الأكبر هو كمية الغازات، وبالإضافة إلى ذلك فإن التوصل إلى الدليل على معرفة ظاهرة الاحتباس الحراري عبر مقارنة بيانات المسح الفضائي يجعله خلواً من أي غموض، كما يؤدي إلى جانب انعكاساته على الجوانب البحثية والمعرفية إلى تعديل ملحوظ في التوجهات الدولية بشأن التشريعات المتعلقة بالتحكم في الانبعاثات الغازية إذ أن بعض الدول كانت تشير في معرض عدم تحمسها لا نفاذ مثل هذه التشريعات إلى أن الاحتباس الحراري لا يزال افتراضاً يحتاج إلى إثبات وتأكيد، وذلك بناء على آراء بعض العلماء نحو ظاهرة الاحتباس الحراري حيث أثبتوا أن وسائل قياس درجة حرارة الأرض تعود إلى نحو مائة عام وتفتقر إلى الدقة إذ أنها تشير إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض ٠.٥ درجة مئوية. خلال السبعينيات من القرن العشرين، واعتقد العلماء أن الارتفاع سوف يستمر بالتوازي نفسها، ولكن الوسائل الحديثة أثبتت أن الزيادة في درجة الحرارة لا تتعدى ٠.١٣ درجة مئوية فقط كل عشرة أعوام. وبناء على ذلك فإنه يجب إعادة النظر في ملاحظات وقياسات درجة حرارة الأرض إذ أن المعلومات المتاحة عن مقدار التغير في درجة حرارة الأرض هي اذن معلومات غير صحيحة وتحتاج إلى إعادة تقييم حتى لا تكون ظاهرة الاحتباس الحراري مجرد وهم مزعوم !!

النتائج المتوقعة للاحتباس الحراري

يمكن حصر النتائج المتوقعة لظاهرة الاحتباس الحراري أو الاحترار العالمي في تدفئة المحيطات وإذابة الجليد في العروض القطبية، وتأثير ارتفاع درجة الحرارة على الزراعة وعملية التمثيل الضوئي للنبات، وانتقال النطاقات المناخية - الزراعية نحو القطب. وفيما يلي دراسة تفصيلية لكل من هذه النتائج المتوقعة على حدة.

(١) تدهئة المحيطات

من المعروف ان دفء الغلاف الجوي لا يدوم إلا اذا صاحبه دفء مماثل للطبقات العليا من مياه المحيطات. ومن هذه العلاقة سيؤدي ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي الى العديد من الآثار منها: تقليل كمية الثلوج في البحار والمحيطات،

ارتفاع في منسوب سطح البحر، انطلاق ثاني أكسيد الكربون من المحيطات نحو الغلاف الجوي، تقليل الحركة التبادلية الرأسية في مياه المحيطات، وأخيراً انتقال النظم البيئية البحرية بما تتضمنه من ثروة سمكية نحو القطب. هذا سيؤدي لتقليل كمية الثلوج في البحار والمحيطات التي تقال ظاهرة الالبيدو التي تؤدي بدورها الى مزيد من التدفئة وزيادة التساقط، ومن المحتمل ظهور مناطق ثلوج وجليد في اتجاه القطب.

ويقدر أن الزيادة في متوسط درجة حرارة الألف متر العلوية من مياه البحار والمحيطات في حدود ٥ م، سيؤدي الى رفع منسوب سطح البحر في حدود متر واحد بسبب تمدد حجم المياه. كما سيؤدي مثل هذه الزيادة في حرارة مياه البحار والمحيطات الى رفع الضغط الجري لثاني أكسيد الكربون لهذه المياه بنحو ٣٠٪ وحتى يعود التوازن في الضغط الجزيئي لهذا الغاز بين المحيطات والغلاف الجوي - والذي من المحتمل أن يستغرق بضع سنوات قليلة - فإن كمية ثاني أكسيد الكربون في الهواء سترتفع بنسبة ١٧٪. كما أن التدفئة المتوقعة للمنطقة القطبية ستؤثر في معدل التهوية للمياه تحت السطحية. إذ ستكون طبقة رقيقة من المياه الدافئة نسبياً فوق المياه العميقة الأبرد، ومن ثم تزداد الكثافة الطباقية الرأسية للمحيطات. وسيؤدي هذا بدوره الى منع المزج أو الخلط الرأسى وعمليات قلب المياه مما يؤدي بالتالى الى تقليل معدل مصادر الغذاء لمياه المحيطات القريبة من السطح، ومن ثم نقل انداجية النباتات البحرية. وستقل تبعاً لذلك كمية المواد العضوية الميتة التي تفوح من الطبقات السطحية الى المياه العميقة. وبالتالي سيقول معدل قدرة المياه العميقة على امتصاص ثاني أكسيد الكربون. ومن المتعارف عليه ان حرارة الغلاف الجوي ومياه المحيط القريبة من السطح ستزداد بدرجة أكبر في العروض العليا عنها في العروض الدنيا، وربما تتغير بشكل واضح دورة المياه العميقة والتغير الرأسى بين المياه العميقة والمياه القريبة من السطح نتيجة لتقليل أو حتى توقف الانقلاب الرأسى الحالي، وتوقف احلال المياه العميقة في المحيط الأطلسى الشمالى.

وعلى ضوء الشواهد عن دفء المحيطات في الفترات الماضية، فإن مساحات الجليد في البحار والمحيطات في العروض العليا ستقل بصورة جوهريّة، ومن المحتمل أن يكون ذلك بدرجة كبيرة تسمح بفتح كلا من الممرات الشمالية الغربية والشمالية الشرقية للملاحة معظم أيام السنة. فقد أدى الارتفاع الطفيف في متوسط درجة حرارة الهواء فوق نصف الأرض الشمالى والذي صحبه تدفئة مماثلة لطبقة المياه السطحية للمحيط أثناء العقود الأولى من القرن العشرين، الى انتقال واضح لمواقع بعض مصايد الاسماك التجارية الهامة وبصفة خاصة اسماك البكلا الى الشمال نحو مياه كل من

جزيرتي جرينلاند وشمال أيسلند. ومن ثم فإن تدفئة كبيرة غير عادية للغلاف الجوى ستؤدي بكل تأكيد الى أحداث آثار هامة على مواقع المصايد التجارية الهامة واتساع نطاقها الجغرافي. ونظراً لأن الكائنات العضوية البحرية المختلفة تختلف درجة استجابتها للتغيرات الحرارية فمن المتوقع أن تتدهور النظم البيئية البحرية بشكل خطير.

الآثار المتوقعة للتراكمات الجليدية القطبية

من المستحيل أن نتوقع بما يمكن أن يحدث للتراكمات الجليدية في كل من جرينلاند وAntarctica (القارة القطبية الجنوبية) كنتيجة مباشرة لارتفاع بضع درجات معدودات في متوسط درجة حرارة الهواء. ومع هذا فمن المسمم به أن درجة حرارة انتاركتيكا ستبقى دون درجة التجمد، ولهذا فمن المحتمل إلا يحدث انصهار للجليد عند سطحها أو بالقرب منها. بل ربما تؤدي مثل هذه التغيرات المناخية الى تزايد كمية تساقط الثلوج السنوية فوق كل من Antarctica وجرينلاند مما يؤدي بالناتج الى حدوث زيادة هائلة في سمك الجليد في هذه المناطق. وسيؤدي هذا بدوره الى زيادة الضغوط الأفقية على قاعدة التراكمات الجليدية مما يؤدي الى انزلاق كتل جليدية غي اتجاه البحار. ولو حدثت مثل هذه الانزلاقات بشكل يؤدي الى تدمير انترامك وAntarctica في غرب Antarctica، فربما يؤدي هذا الى ارتفاع منسوب سطح البحر على مستوى العالم في حدود 5 أمتار خلال ثلاثة قرون.

(٢) الآثار المتوقعة للزراعة في العالم

يعتقد الكثير أن آثاراً أكثر بعداً ستصيب الزراعة - وهي الحرفة الأساسية للبشرية - نتيجة للتزايد الكبير في كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوى. وعلى ضوء ذلك، لا يمكن تحديد نوعية هذه الآثار تماماً ولو بصورة غير كمية. ومع هذا يمكن القول أن بعض الآثار المتوقعة والتي سيكون القليل منها مفيداً، بينما غالبيتها ستكون ضارة وذات طابع تدميري. ويجب أن نأخذ في الحسبان عوامل مؤثرة هي:

- ١- أثر ارتفاع مستوى ثاني أكسيد الكربون على عملية الايض عند النباتات.
- ٢- ارتفاع متوسطات درجات الحرارة السنوية.
- ٣- الانتقال المكاني للأقاليم المناخية - الزراعية وخاصة في أنماط التساقط في الأقاليم المختلفة.
- ٤- احتمالات تزايد أو تناقص التجذبات المناخية من سنة لأخرى في الأقاليم المختلفة.
- ٥- أثر زيادة كمية الغيوم المتوقعة على نمو المحاصيل.

(٢) الآثار المتوقعة لعملية التمثيل الضوئي

أصبح من المعروف وجود ارتباط بين زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون في الهواء وزيادة عملية التمثيل الضوئي عند النبات لانتاج المواد العضوية، مع افتراض توفر المتطلبات الأخرى اللازمة للموتمثلة في المواد "غذائية - المياه وأشعة الشمس - بكميات كافية، وعلى أنس ألا يكون النبات واقعاً تحت ضغوط أو معوقات للنمو مثل الحرارة المنخفضة جداً أو المرتفعة جداً أو زيادة درجة حموضة التربة أو قلويتها أو نقص كمية الأوكسجين في منطقة الجذور أو آية أمراض أو عوامل أخرى معوقة. ومن خلال التقنية الحديثة للزراعة، أصبح من الممكن أن توفر مصادر كافية من المياه والمواد الغذائية الأساسية والثانوية، كما أصبح من الممكن التخلص من معظم مسببات المعوقات السابقة. ولهذا يصبح ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي والإشعاع الشمسي والصفات الوراثية الكامنة لسلالات المحاصيل الزراعية هي العوامل المحدودة للانتاج الزراعي.

وقد تبين أنه في ظل ظروف الزراعة العادية أن صافي انتاج التمثيل الضوئي ممثلاً في المواد العضوية التي تبقى بعد أن يكون النبات قد استخدم بعضاً من انتاجه في عملية التنفس، لا يزيد بنفس سرعة تزايد ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. أما بالنسبة للغلاف الحيوي الأرضي ككل فقد قدر عامل التناسب بحوالي ٣٠٪، ولكنه يمكن أن يكون أكبر من هذا بالنسبة للمحاصيل الزراعية وربما تضع الابحاث الزراعية والوراثية في المستقبل هذا العامل في حدود الواحد الصحيح أو بنسبة ١٠٠٪. ولكن من ناحية أخرى ربما تعمل بعض التغيرات الأخرى الناجمة عن ارتفاع ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي في الاتجاه المضاد فلو زاد معدل حرارة الهواء بشكل واضح تزداد بالمثل درجة تنفس النبات. ومن هنا ربما يقل صافي انتاج التمثيل الضوئي حتى مع ارتفاع حجم التمثيل الضوئي.

وإذا ما ارتفعت نسبة مساحة الأرض المغطاة بالسحب فأن كمية الإشعاع الشمسي الداخلة ستقل بطبيعة الحال وبالتالي تتناقض كمية الطاقة المتاحة واللازمة للتمثيل الضوئي عند المحاصيل الزراعية. وقد تبين أن زيادة السحب أثناء الفصل الموسمي المطر في الهند وبنجلاديش قد قلل من عائد المحصول بالمقارنة مع العائد الذي أمكن الحصول عليه من نفس الحقل في الشهور المشمس في الفترة من أكتوبر حتى مارس.

(٤) انتقال النطاقات المناخية - الزراعية في اتجاه القطب

قد يؤدي ارتفاع متوسط درجة حرارة العالم السنوية، والذي يزداد أكثر في اتجاه العروض العليا من انتقال عام للنطاقات المناخية - الزراعية في اتجاه القطب. ففي العروض العليا على سبيل المثال قد يطول فصل النمو الخالي من الصقيع بشكل أكبر مما هو قائم في الوقت الحاضر مما يجعل في الأماكن أن: تمتد حدود الزراعة بصورة أكثر في اتجاه الشمال في نصف الأرض الشمالي. وفي نفس الوقت ربما تصبح درجة حرارة الصيف في العروض الوسطى مرتفعة لدرجة لا تساعد على تحقيق الانتاجية المثالية للمحاصيل التي تنمو حالياً في هذه العروض - مثل الذرة وفول الصويا في كل من ولاية ايوا والينوى وانديانا وميسوري بالولايات المتحدة الأمريكية - وربما يصبح من الضروري في هذه الحالة أن يتحرك نطاق الذرة في أمريكا الشمالية في اتجاه الشمال. ولكن تربية البودزل الحمضية التي تنتشر في مساحات واسعة في العروض العليا والتي تتعرض لعملية تصفية شديدة، ستحتاج الى وسائل تحسين مكثفة وكلفة لتقرب انتاجيتها من العائد الذي نحصل عليه الآن من التربة الجيدة في نطاق الذرة الحالي.

كما يتوقع زيادة متوسط التساقط العالمي الذي يبدو لأول وهلة أنه مفيد للزراعة. ولكن يبدو أن افتدرا هذا بارتفاع درجة الحرارة سيزيد من عملية التبخر - النتج في الأراضي الزراعية مما يجعل بعض الفائدة لموارد المياه المضافة وربما كلها تفقد قيمتها تحت وطأة ارتفاع درجة الحرارة. هذا وربما يزيد معدل التبخر - النتج في بعض الأقاليم عن معدل الزيادة في كمية التساقط، وبعبارة أخرى فأن هذا يعني أن معدل الزيادة في التساقط لن يكون مفيداً.

ومما تجدر الإشارة إليه أن الآثار الأكثر خطورة على الزراعة سنبزر ليس فقط من خلال التغيرات في متوسطات الظروف المناخية العالمية ولكن من خلال انتقال مواقع الأقاليم المناخية وما يصاحب هذا من تغيرات في طبيعة العلاقة القائمة بين الحرارة - التبخر - النتج، وموارد المياه والمحب، والتوازن الاشعاعي داخل الأقاليم. ومن المعروف أن أنماط الزراعة الحالية وتنوع المحاصيل والتقنية الزراعية في المناطق المناخية المختلفة تعتمد ولا شك على جملة الخبرات المتراكمة على مدى سنوات عديدة من اختيار لسلالات المحاصيل الملائمة والأنواع المناخية لكل اقليم، ودرجة بين كل من النبات وبيئته الطبيعية في تناسق مثالي بقدر الامكان. ولقد ظل هذا التكيف قائماً بصورة مرضية جداً مع التغيرات المناخية ذات المدى المحدود نسبياً والتي حدثت عبر التاريخ القديم. ولكن مع التغيرات الكبيرة المتوقعة في العلاقات

المناخية داخل الاقاليم تلك التى ربما تحدث نتيجة لتزايد كمية ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى فى حدود الضعف أو ربما أربعة أضعاف، سيطلب الأمر بالحتم زيادة القدرة التكيفية لسلالات المحاصيل التى تنمو فى الوقت الحاضر.

ويمكن من خلال الدراسات المناخية القديمة أن نحسب مدى التغيرات الاقليمية المتوقعة فى العلاقات بين الحرارة - التساقط التى يمكن أن تحدث ولو بمعدل انحراف بسيط عن متوسط درجة الحرارة العالمية. ففى اثناء ما يسمى بالمناخ المثالى على سبيل المثال، والذي استمر تربية عدة آلاف من السنين مضت، وعندما كان متوسط درجة الحرارة العالمية ربما أعلى بمقدار درجة مئوية ونصف عن الوقت الحاضر كان التساقط فوق جنوب أوروبا وشمال أفريقيا وجنوب الهند وشرق الصين أكثر مما هو قائم فى الوقت الحاضر، بهذه! كان المناخ أجف نسبياً فوق مساحات كبيرة من الولايات المتحدة وكندا واسكندنافيا.

ومع هذا فأننا لا نتوقع بكل بساطة أن تكون الزيادة الكبيرة فى ثانى أكسيد الكربون، نسخة طبق الأصل للتغيرات المناخية انهاضية، إذ ستختلف آثار ثانى أكسيد الكربون المضاف على سبيل المثال على المستوى الفصلى وعلى المستوى المكانى بالنسبة لدوائر العرض بعكس الآثار التى تنجم عن التغير العالمى فى درجة الاشعاع الشمسى الداخلى.

ولما كان كل من بخار الماء وثانى أكسيد الكربون يمتص الطاقة تحت الحمراء ويعيداً اشعاعها مرة ثانية فإن تأثير ثانى أكسيد الكربون المضاف سيكون أكثر أهمية نسبياً فى المناطق ذات الهواء الجاف فى العروض العليا، وفى طبقة التروبوسفير العليا وطبقة الاستراتوسفير العليا عن المناطق ذات الهواء الرطب فى المناطق المدارية. وبالمثل نظراً لأن الرطوبة النسبية فى فصل الشتاء تقل عن فصل الصيف، فإن تأثير ثانى أكسيد الكربون المضاف سيكون أكثر خطورة فى شهور الشتاء عنه فى شهور الصيف.

وتتقترح الدراسات الناصبة بالاكسجين والنصب المناظرة لثانى أكسيد الكربون فى أعماق البحار، أن ارتفاع درجة حرارة المناخ ربما ترجع الى الزيادة المؤقتة فى نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى نتيجة للتغيرات فى دورة المحيطات التى تعقب انصهار القلتسوات الجليدية. ولو أمكن اثبات صحة هذه الفرضية فإن دراسات عن المناخ فى العصور القديمة للكشف عن الاختلافات الفصلية فى العلاقة بين الحرارة والتساقط أثناء فترة المناخ المثالية سوف تمدنا بدرجة ذات أهمية كبيرة عن الآثار المستقبلية لتزايد كمية ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى.

إجراءات مكافحة الاحتباس الحراري (الاحتباس العالمي)

يمكن أن ننصّر نوعين من الإجراءات المضادة لمواجهة النتائج المناخية المتوقعة نتيجة لثاني أكسيد الكربون المضاف هي: إجراءات تختص بالتقليل من التغيرات المناخية المتوقعة نفسها، وإجراءات تختص بتقليل أثارها على حياة الإنسان. فيما يختص بالفئة الأولى من الإجراءات فإنه من الممكن أن ننصّر الوسائل التي يمكن أن تعيد التوازن الإشعاعي الأرضي والذي يفقد توازنه نتيجة إضافة المزيد من ثاني أكسيد الكربون، أو وسائل التخلص من ثاني أكسيد الكربون المضاف في الهواء. أما فيما يختص بالفئة الثانية فهي تهتم أساساً بالوسائل الكفيلة بزيادة نشاط ومرونة أنماط مصادر الغذاء العالمي. وسوف نبدأ بمناقشة هذه النقطة الأخيرة لأنها لا تتضمن مشكلات كثيرة، ونقع إلى حد كبير في حدود إمكانيات التكنولوجيا الحالية.

تحسين أنماط مصادر الغذاء

تحدد الأقاليم الجافة وشبه الجافة من وجهة النظر الزراعية بأنها الأقاليم التي تقل فيها المياه بدرجة لا تسمح بإنتاج المحاصيل ويصبح الري الاصطناعي الوسيلة التقليدية ويظل أكثر الوسائل الطمعية علاجاً لهذه الظاهرة. وتتم هذه العملية بنقل المياه من الأقاليم الجبلية والتلية أو المناطق الرطبة حيث تزيد فيها كمية المياه عن حاجة الزراعة إلى المناطق الجافة وشبه الجافة التي تكون في أمس الحاجة إليها. ولما كانت موارد المياه غالباً ما تتذبذب على نطاق واسع من فصل إلى فصل ومن سنة لأخرى، فإن المياه عادة ما تخزن أثناء الفترات الرطبة في مجموعة من الخزانات السطحية أو الخزانات الأرضية (تحت السطح) لتستخدم أثناء الفترات الجافة حيث يصبح الري ضرورية حتمية.

ويعد ضمان استقرار موارد مياه الري من خلال تخزينها وتوفير الكمية المطلوبة من خلال نقلها من مصادرها بمثابة القواعد الأساسية لزراعة أكثر تحديداً وأعلى عائداً وبصفة خاصة في المناطق شبه الجافة في العروض شبه المدارية. ولكي تستمر الفائدة من توفير مياه الري. فإن تطوير نظام الري يجب أن يصاحبه تقريباً تطور متوازن فيما يختص بالتسهيلات في عملية الصرف وليس ثمة شك أن مثل هذا التطوير الذي يجمع بين كل من وسائل الري والصرف معا يتطلب بالضرورة استثمارات مالية ضخمة في حدود تتراوح بين ٥٠٠ إلى ١٠٠٠ دولار لكل هكتار (الهكتار ٠.١ كيلومتر مربع = ٢.٤٧١ فدان)، فإذا أخذنا الهند على سبيل المثال، فقد قدرت تكاليف التطوير الكامل لنظام الري بما يخدم حوالي ٥٠ مليون هكتار من الأراضي القابلة

لرلى بنحو ٥٠ ألف مليون دولار. ويمكن أن يؤدي هذا التطوير الى زيادة سنوية في انتاج المحاصيل تتقدر كمياتها بمئات الملايين من اطنان الحبوب الغذائية وتتراوح قيمتها بين ٢٠ - ٤٠ ألف مليون دولار.

ومما له أهمية خاصة بالنسبة للأقاليم الجافة وشبه الجافة هو كيف تقاوم الآثار المصاحبة للزيادة المحتملة في طول فترة التذبذب المناخي قصيرة المدى ولتحقيق هذا الهدف فنحن في حاجة الى خزانات كبيرة سواء ما كان منها فوق السطح أمام السدود، أو تحت السطح فيما يسمى بالخزانات الأرضية. وعادة ما يفضل في هذه المناطق التخزين الأرضي (التحني) طالما كان هذا ممكناً.

كما اننا في حاجة بدرجة متوازنة مع حجم المشكلة الى اجراء بحث دقيق وتخطيط واستثمارات مائية لتطوير وسائل صيانة المياه. وتقدر على ضوء الطرق الحالية المستخدمة في إدارة مياه الحقول في الدول النامية أن حوالي ثلث موارد مياه الري فقط هي التي نستخدم بكفاءة. ولهذا نستطيع أن نحقق من خلال تحسين طرق ادارة المياه وفي معظم الحالات بإدخال طرق ري جديدة وفعلاً كبيراً في مياه الري. كما يعد ادخال محاصيل مقصودة للمياه أكثر فائدة في معظم هذه المناطق: نذكر من هذه المحاصيل على سبيل المثال تلك التي تنمو اثناء الفصل الذي نقل فيه درجه التبخر - النتج الى الحد الأدنى، وكذلك ادخال سلاطات المحاصيل التي تنمو في أقصر فصل نمو ممكن. وعلى أية حال يكون استخدام سلاطات المحاصيل ذات العائد المرتفع أحسن وسيلة لتوفير المياه. إذ لا نكاد نحس بحاجة لمزيد من المياه لري سلاطات القمح أو الذرة التي تعطى عائدات يتراوح بين ٣-٤ أطنان بالقياس مع تلك السلاطات التي تعطى عائداً أقل من طن واحد.

كما يمكن أن نقال كثيراً من أخطار التذبذبات المناخية قصيرة المدى عى موارد الغذاء على المستوى العالمي والاقليمي بصيانة وتوفير احتياطييات الغذاء. ويقدر مثل هذا الاحتياطي، على المدى العالمي، وفي ظل النظام المناخي الحالي، بنحو ٥% من متوسط الانتاج العالمي. وقد بنى هذا التقدير على أساس أن الزيادة أو النقص في انتاج الحبوب الغذائية على مدى فترات لسنوات عديدة وعلى ضوء الطلب العالمي قد بلغ حوالي ٥% من متوسط المحصول السنوي. يستهدف هذا الاحتياطي الغذائي بهذه الكمية اساساً تثبيت اسعار المواد الغذائية الاساسية لكل من الفلاح والمستهلك.

ونما كان الغذاء من المتطلبات الاساسية للحياة البشرية، فأن الطلب عليه لا يتصف بالمرونة اذا ما ربطناه بالاسعار، وهذا يعنى أنه لا يمكن أن تزيد موارد الغذاء

بسرعة كاستجابة تلقائية لارتفاع الاسعار. اذ تظهر الخبرة أن أسعار الغذاء ربما ترتفع أو تنخفض بمعدل قد يبلغ عدة مئات في المائة اذا ما تناقص الانتاج أو تزايد عن الطلب ولو بنسب قليلة.

وسائل مقاومة التغير في التوازن الاشعاعي

تعد زيادة الالبيدو أو درجة الانعكاسية للأرض احدى الوسائل التي يمكن أن تقاوم بها الآثار المناخية عن اضافة المزيد من ثاني أكسيد الكربون في الهواء وبالتالي نقل من كمية الاشعاع الشمسى الداخل. ولكن يبدو أنه ليس هناك فى الوقت الحاضر وسائل مئاحة معقولة وموثوق بها تمكنا من تحقيق مثل هذه الزيادة.

ومن الوسائل الممكنة لزيادة الالبيدو لمواجهة هذه الزيادة المضافة فى ثاني أكسيد الكربون ربما يكون بنثر ذرات صغيرة عاكسة فوق مساحات كبيرة من أسطح البحار والمحيطات. وحتى تقلل من التكاليف ونحقق زيادة مفعول مثل هذا الاجراء، فإنه يتطلب أن تكون كثافة هذه الذرات قريبة من كثافة مياه البحر وأن تكون لديها القدرة من الناحية الكيميائية على البقاء لفترات تمتد لعدة شهور. ومن المواد التي افترحت لتحقيق هذا الاجراء صفائح رقيقة جدا من اللدائن. ويقدر أنه لو كان سمك هذه الصفائح يبلغ ٠.٠١ ملليمتر فإن تغطية كل كيلو متر مربع تحتاج الى ١٠ طن أو حوالي ٥٠ مليون طن لمساحة تبلغ ٥ مليون كيلو متراً مربعاً، أى حوالي ١ ٪ فقط من مجنوع مساحة سطح كوكب الأرض. وإذا كان انتاج كل طن يكلف ١٠٠ دولار فإن جملة التكلفة لهذه المساحة السابقة ستصل الى حوالي ٥ ألاف مليون دولار كل سنة - أى حوالي ٠.٢ ٪ من جملة الانفاق العالمى الذى سيتم خلال القرن الحالى (القرن الحافى والعشرين). ولكن مثل هذا المشروع قد تتجم عنه بعض المئالب التى ربما لا نستطيع أن نتغلب عليها. اذ قد تتجمع المواد المنثورة فى نهاية الأمر على طول خطوط السواحل العالمية محدثة نتائج بيئية غير مقبولة، بل وربما يكون أثرها على مضاييد الاسماك قاسياً وضاراً بشدة.

وتتمثل بعض الأجراءات المضادة والتي تختلف تماماً عما سبقها فى خزن ثاني أكسيد الكربون المضاف فى الغلاف الحوى الأرضى. ويقدر حجم الكربون العضوى فى الغلاف الحوى الحالى بأربعة أمثال حجمه فى الغلاف الجوى. وربما يكون ربع هذا الحجم فى جذور وجذوع وأغصان وأوراق الأشجار الحية، بينما يتركز الباقي فى دويل التربة أو فى المواد العضوية الميتة فى البحيرات والمستنقعات والأراضى الرطبة.

فالفابات - كأخذ مخازن ثانى أكسيد الكربون - تغطى الان حوالى ٥٠ مليون كيلو متراً مربعاً أى حوالى ثلث مساحة سطح اليابس. ويقدر أنه لو أمكن مضاعفة هذه المساحة أو مضاعفة كثافة الأشجار الحية فى المساحة الحالية، فأنها تستطيع خزن حوالى ٧٠٠ ألف مليون طن من الكربون - أى حراً، $\frac{1}{4}$ الكربون الموجود فى الوقود الحفرى، ولكنه يتراوح ما بين $\frac{1}{3}$ الى $\frac{1}{4}$ الكربون الذى ربما يضاف إلى الغلاف الجوى نتيجة لاحتراق الوقود الحفرى. وإذا كان لمثل هذه الزيادة فى كمية الفابات أثر هام فى تعديل المناخ إلا أنه من الصعب جداً إنجازها على مدى مئات السنين، وهو المدى الزمنى الذى نأخذه فى الحسبان. اذا سيصبح مطلوباً أحداث تغييرات اساسية فى طرق استخدام الأرض وكذلك فى التنظيمات السياسية والاجتماعية فى العالم اذ على ضوء استمرار معدّات النمو السكاني الحالية وانتاجيتهم الاقتصادية واستمرار الحاجة لمزيد من الغذاء والوقود والاشخاب، فإن الاتجاهات الحالية فى استخدام الأرض تسير بالضبط فى خط معاكس تماماً بما يكثف من حدة المشكلة طالما أن الفابات لا تزال تقطع للوقود وصناعة الخشب وتظهر الأراضي من غطائها النباتى من أجل الزراعة.

وإذا كان من الممكن زيادة حجم المواد الحية (الأشجار) فى الفابات فإنه على ضوء التكنولوجيا المتاحة فى الوقت الحاضر، تصعب زيادة ديوال الثرية والمواد العضوية الممتدة الأخرى. ويقترح فى هذا المجال لو أنه أمكن زراعة الأشجار فى مزارع واسعة مستخدمين فى ذلك وسائل الرى والتسميد وإذا أمكن صيانتها ضد النعطن، فأننا يمكن أن نتخلص من كميات كبيرة من ثانى أكسيد الكربون التى تطلق فى الغلاف الجوى نتيجة لاحتراق الوقود الحفرى. ولكن يبدو واضحاً أنه لو تمت زراعة كميات كبيرة من المواد العضوية وتم جمعها فأنها تخلق احساساً كبيراً بضرورة استخدامها كمصدر طاقة بديل للوقود الحفرى. ولو حدث هذا فأن دورة ثانى أكسيد الكربون سيعاد تنظيمها بسهولة بين الغلاف الجوى والغلاف الحيوى وسيل صافى الاضافة فى ثانى أكسيد الكربون الى الغلاف الجوى نتيجة لاحتراق الوقود الحفرى على الأقل بما يعادل كمية الطاقة النباتية التى حلت محل الفحم والبترول والغاز الطبيعى.

ومن هنا يتبين أن أى محاولة لتقليل أثر اضافة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى على اماننا ستكون صعبة جداً خاصة وأن مثل هذا الجهد سيتطلب بالضرورة الاستمرار على مدى الالف سنة القادمة، وقد لا يكون لمثل هذا الجهد نتائج مقبولة. ومن ناحية اخرى اذا كان تقليل الآثار المناخية على الشئون البشرية أمراً ممكناً

ومرغوباً فيه من وجهات نظر أخرى غير التغير المناخي فأن مثل هذا الأمر يحتاج الى جهد كبير من التخطيط والبحث والاستثمار على النطاق العالمى وبصورة لم يسبق لها مثيل.

ومن هنا تبرز أهمية زيادة الاعتماد على المصادر المتجددة، التى يصاحبها عادة تقليل حمولة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى، كبديل أكثر فاعلية ضمن مجموعة الإجراءات المضادة.

ويتنبأ تقرير الاكاديمية القومية للعلوم فى الولايات المتحدة الأمريكية بأنه لو استمر العالم فى الاعتماد على الوقود الحفرى لسد احتياجاته من الطاقة على مدى القرنين القادمين فأن قمة لتركز ثانى أكسيد الكربون بمعدل يتراوح بين ٤ إلى ٨ أمثال المستوى الذى كان قائماً قبل الانقلاب الصناعى سوف تحدث فى الفترة ما بين ٢١٥٠ - ٢٢٠٠ م. وتتنبأ النماذج المناخية الخاصة بالدورة العامة للغلاف الجوى بأن كل مضاعفة فى كمية ثانى أكسيد الكربون ستؤدى إلى ارتفاع متوسط درجة حرارة الغلاف الجوى بما يتراوح بين ٢، ٣ م. ولهذا يتوقع حدوث زيادة فى متوسط درجة حرارة الغلاف الجوى فى حدود ٦ م اذا ما أثبتت النماذج المتاحة دقتها.

أن تورط البشرية فى رفع درجة الحرارة عند منسوب سطح البحر وفى مصادد الأسماك وفى المناطق الزراعية والمناطق الصحراوية سوف تكون - فى حالة صحة ما ينبئ - من الخطورة بما سيجعل الانسان مضطراً الى نبذ استعمال الوقود الحفرى والتوسع فى استعمال مصادر وقود أخرى مثل المصادر المتجددة. وتتبلور التوصية الرئيسية للعمل فى هذه المرحلة على تنظيم برنامج بحث شامل وعلى نطاق العالم ليسهم فى وضع الحلول العملية للمشكلات الصعبة التى لم يتأكد حلها بعد والتى لا تزال تختص بالمناخ ودورة الكربون والتغيرات المستقبلية للسكان وموارد الغذاء العالمية.

ثانياً: ظاهرة التغيرات المناخية

لقد اثّر فى الآونة الأخيرة جدل كبير حول أسباب التغيرات المناخية التى تمثل أساس التغيرات البيئية مثل تلك الخاصة بتغير مستوى سطح البحر وما يتبعها من آثار وفتائج ضارة بالحياة البشرية. وتهدف الدراسة فى هذا الجزء إلى تلخيص بعض الآراء والفروض الرئيسية التى طرحت من قبل لتأكيد تباين وتذوع العوامل المسؤولة والمسببة للتغيرات المناخية، كما ترمى إلى بيان الشكوك التى مازالت تحوم حول هذه الآراء والفروض التى تفسر هذه التغيرات. هذا بالإضافة إلىلقاء الضوء على مفعول هذه التغيرات وأهم النتائج البيئية الناجمة عنها.

حول الشمس وميل محور الأرض) وعوامل أخرى مثل نقاء الجو وصفائه (أى من حيث وجود أو عدم وجود الغبار والأتربة المنتشرة فى الفضاء ما بين النجوم)، وبمجرد أن يصل الاشعاع الشمسى الوارد إلى الغلاف الجوى فإن مروره (أو مساره) إلى سطح الأرض تحكم فيه الغازات والرطوبة الجوية والجزئيات الدقيقة العالقة بالجو سواء كانت من نفاخ الطبيعة أو متخلقة عن نشاط الانسان. وعلى سطح الأرض فان الاشعاع الوارد إليه يمتص أو ينعكس إلى الجو مرة أخرى تبعاً لطبيعة السطح (ظاهرة الالبيدو)، كما أن تأثير الاشعاع الشمسى على المناخ يتوقف على توزيع ارتفاع اليابس والماء، وكلاهما معرض أيضاً للتغير بطرق شتى - فالمناطق القارية تتحرك إلى أو من المناطق التي قد تتجمع فيها الغطاءات الجليدية، وقد ترتفع أو تنخفض النطاقات الجبلية فتؤثر على نطاقات حركة الهواء (الرياح) العامة والدائمة والمناخات المحلية، كما أن نسق التيارات المحيطية ذلت التأثير المناخى الكبير قد يتحكم فيه عمق واتساع البحار والمحيطات والقنوات المائية. والوضع إذن فى غاية التعقيد كما يبدو من الشكل الانسيابى (شكل رقم: ١-١٠) نتيجة وجود العديد من حلقات التغذية الاسترجاعية التغذية أو للارتدادية المتباعدة خلال أنساق: المحيط - الغلاف الجوى - يابس الأرض وفيما بينها جميعاً.

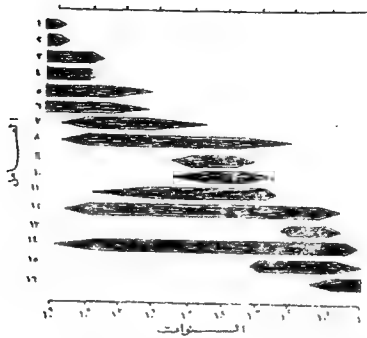
ونجدد الإشارة هنا إلى أن العوامل المسببة والباعثة للتغيرات المناخية تعمل على مدى زمنى واسع ذو مقاييس زمنية متباعدة إلى حد أنه يمكن أن تكون بعض هذه العوامل أكثر ملائمة من عوامل أخرى عند تفسير تغير المناخ فى فترات زمنية معينة. ويوضح الشكل رقم (٢-١٠) محاولة اظهار ذلك بيانياً:

نظريات تفسير التغيرات المناخية

فلرحت بعض الآراء والفروض أو النظريات لتأكيد العوامل المسبوبة والمسببة للتغيرات المناخية. وسوف نناقش على الصفحات التالية كل نظرية منها بشئ من التفصيل.

أولاً: نظريات الاشعاع الشمسى

بالنظر مرة أخرى إلى الشكل الانسيابى (شكل رقم: ١-١٠) يتضح أن التغيرات فى الاشعاع اليرقد قتل تؤدي إلى تغيرات جوهرية فيما يصل سطح الأرض واكتسابه من اشعاع شمسى. وبطبيعة الحال فإنه من المسلم به أن الاشعاع الشمسى المكتسب يتغير فى كميته - نتيجة ارتباطه وتلازمه بظاهرة البقع الشمسية مثلاً - كما يتغير فى نوعيته من خلال التغيرات فى مدى الأشعة فوق البنفسجية لطيف الشمسى.



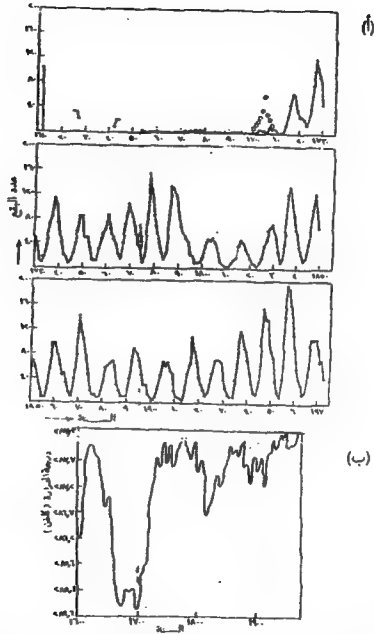
(شكل رقم ١٠٠٢) العوامل المحتملة لتأثيرها

على تغير المناخ ومدى المقياس الزمني المتوقع للتغير

وقد اتفق كثير من الباحثين على دورات قصيرة الفترة لنشاط وفاعليه الاشعاع بدريز منها بصفة خاصة دورات قد تكون كل ١١ أو ١٢ سنة. كما اقترحت دورات لحدوث البقع الشمسية تتراوح أطوال فتراتها من ٨٠ أو ٩٠ سنة. وقد لاحظ بعض الباحثين أن هناك ارتباطاً بين نشاط البقع الشمسية وكمية الأمطار ومستوى البحيرات في شرق أفريقيا، ورغم هذا ففي بعض الأحيان ينهار هذا الارتباط ويتوقف تأثيره فجأة بينما لا يكون للارتباطات الأخرى أية دلالة احصائية. وعلى الرغم من ذلك فقد ظهر أن لبعض الارتباطات الأكثر دلالة قيمة استدلالية استنتاجية في التنبؤ. فعلى سبيل المثال قام سترونجلو سنة ١٩٧٤ (Strongfellow, 1974) بتوقيع المتوسط المتحرك لكل خمس سنوات لحدوث عواصف البرق في بريطانيا مقابل المتوسط السنوي لعدد البقع الشمسية فيما بين ١٩٣٠، ١٩٧٣ فوجد أن هناك ارتباطاً طردياً

قدره + ٠.٨٠ وبناء على ذلك فقد توصل إلى أن الدورة تبلغ فترتها ١١ عاماً للتغيرات الدورية بين هاتين الظاهرتين مع تناقص عواصف البرق إلى أدنى عدد لها حول سنة ١٩٧٣. كما وجد أن عواصف البرق تعد أحد الأسباب الطبيعية الرئيسية في فشل انتقال الطاقة الكهربائية في المملكة المتحدة. ومثل هذه العلاقة قد تساعد المؤسسات الكهربائية أو الجهات المسؤولة عن تخطيط خدمات الصيانة اللازمة. وعلى مستوى أقل أهمية وخطورة فقد وجد أن هناك ارتباطاً جيداً بين أساط البقع الشمسية ونجاح ومنجزات المباريات الرياضية الرياضية. قد توصلت كنج (King, 1973) إلى أن البيانات التي يحتويها كتاب Wisden يمكن الاستفادة بها في توضيح أنه من بين ٢٨ مباراة للكريكت في إنجلترا سجل فيها اللاعبون ٣٠٠٠ شوطاً في أحد المواسم، كان هناك ١٦ مباراة في سنوات تميزت بنشاط للبقع الشمسية وصل إلى ذروته أو إلى حضيضه خلالها، وفي الخمس سنوات التي حدثت فيها هذه الظاهرة النادرة أكثر من مرة كانت سنوات سميرت بأوج أو بأدنى نشاط للبقع الشمسية. وبالمثل فإنه من بين ١٥ مباراة كانت فيها ١٣ مباراة استطاع ضارب الكرة أن يسجل ١٢ مجموعة كل منها يتألف من ١٤٠ ضربة أو أكثر في أحد المواسم الذي امتدت فترته لمدة سنة أو كان خلال سه تميزت بأوج أو بأدنى نشاط للبقع الشمسية. وبناء عليه نجد أن مباريات الكريكت المتميزة قد حدثت في فترات نادرة أو شاذة من الطقس لا تحدث إلا إذا كانت دوره ساطع للبقع الشمسية في حالتها القصوى أو الدنيا.

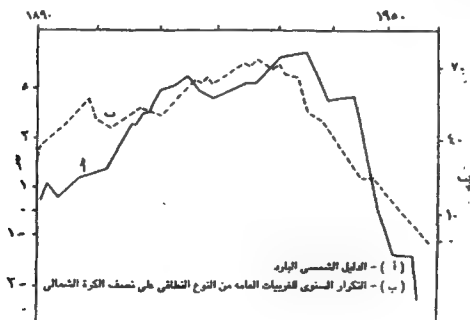
وبالرغم من تعرض دور التغيرات في النشاط الشمسي لكثير من البحث والتدقيق كما أنها هوجمت كثيراً خاصة فيما يتعلق بدورات هذه التغيرات. فقد وجدت ارتباطات قوية ملفنة للظفر بين تغيرات النشاط الشمس وبعض الخصائص الرئيسية للدورة الهوائية العامة. ويوضح الشكل (رقم: ٣-١٠) على سبيل المثال تشابهاً واضحاً في الاتجاه العام لمعامل بور Baur الشمسي (شكل رقم: ٤ - ١٠) والتكرار السنوي لنوع طقس أقاليم الرياح الغربية في نصف الأرض الشمالي، إذ يلاحظ زيادة عامة في كل من العاملين من أواخر القرن التاسع عشر (من عام ١٨٩٠) حتى الثلاثينيات من القرن العشرين الماضيين، ثم يليه انخفاض أو نقص سريع فيهما في سنوات العقد السادس من القرن العشرين المنصرم. ويشير هذا إلى أن بعضاً من التغيرات المناخية في القرن العشرين الماضي يمكن أن نعزوه إلى تغير أو مردود الطاقة الشمسية كما قد تكون هناك عوامل أخرى لها أهميتها في حدوث التغير المناخي الحالي.



(شكل رقم: ١٠-٢) المتوسط السنوي لعدد البقع الشمسية منذ عام ١٦٠٠ وحتى عام ١٩٧٢
(١) ومنحني درجة الحرارة للأرض خلال الفترة السابقة (ب)

وعلى مقياس زمني طويل يكون من الصعوبة بمكان القول أن ناتج الشمس من الإشعاع قد تغير بما فيه الكفاية حتى يكون له تأثير على مناخ الأرض وذلك لنقص الأدلة الجوهرية لتفسير ذلك، ومع ذلك فإن هذا افتراض محتمل وله ما يزيده، وبعض الأدلة التي تزيده تأتي من دراسات عن التذبذب في تركيز عنصر الكربون ^{١٤}

(C14) الجوي والذي يعتمد بدوره جزئيا على التغير في انبعاث الاشعاع الشمسى حيث يتبين أن مستويات عنصر كربون ١٤ قد تذبذبت خلال عهد الهولوسين. وقد حاول دنتون وكارلين عام ١٩٧٣ (Denton and Karlen, 1973) أن يبرهنوا على أن الفترات التى يزداد فيها نشاط كربون ١٤ تتعاصر مع فترات الانكماش الجليدى. وبالمثل أقترح براى عام ١٩٧٠ (Bray, 1970) أن جليد الهولوسين أظهر نزعة إلى تكرار حدوث فترات نظامية أو دورات مدة كل منها ٢٦٠٠ سنة. وأن تواليا عدديا يبدأ بإثنين وعشرين سنة (دورة بقعة شمسية كاملة) وأول دور من أربعة تكون تتابع أو توالى ٨٨٤٤٠ ، ٢٦٤٠ سنة. هذا إلى جانب أن البعض الآخر من الباحثين استخدم التحليل الطيفى لعينات من اللب (القلب) الجليدى من منطقة Camp Century فى جرينلند، تبين منها وجود دورات طويلة منتظمة تشابه فتراتهما تماما تلك التى أشار إليها براى ٧٨، ١٨١، ٤٠٠، ٢٤٠٠ سنة ويعود وجودها أيضا إلى تغير النشاط الشمسى.



(شكل رقم ٤-١٠)، منحنيات بور. Baur الشمسية

ولازال الغموض يخيم على الأسباب التى تؤدى إلى التغير فى النشاط الشمسى بسبب عدم الفهم الكامل لتلك الأسباب. ولكن هناك احتمال أن يكون سبب التغير فى الاشعاع الشمسى الذى يصل إلى سطح الأرض هو وجود سحب من الذرات الدقيقة فيما بين النجوم (سحب سديمية Nebulae) والتى قد تمر الأرض من خلالها من وقت

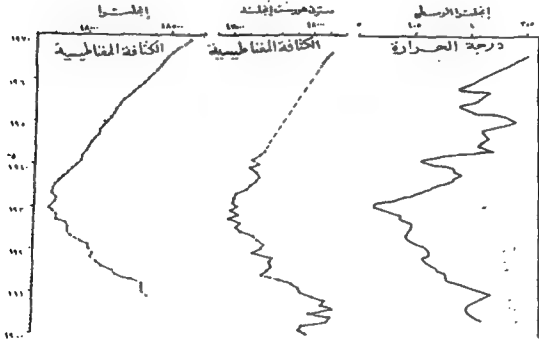
لآخر أو قد توجد فيما بين الأرض والشمس تدخل فيها الأرض أثناء حركتها حول الشمس. ويكون من نتيجة ذلك تناقص مقدار الاشعاع الشمسى الذى يصل إلى سطح الأرض. وبالمثل فإن مرور المجموعة الشمسية خلال ممر ترابى على هامش ذراع لولبى من مجرة طريق الثبانة (الطريق اللبنى) قد يسبب تغيراً مؤقتاً فى الاشعاع المنبعث من الشمس مما يؤدى إلى حدوث فترة جليدية على سطح الأرض.

وهناك سبب آخر يفسر التغير فى الاشعاع الشمسى اقترحه أوليك عام ١٩٥٨ (Opik, 1958)، وإن كان لا يمكن أن نؤيد أو نرفض هذا السبب فى الوقت الراهن، ويقترح الدورة النظرية الآتية للنشاط الاشعاعى الشمسى: تبدأ هذه الدورة بوجود وضع عادى لنوع النشاط المسئول عن المناخات الدفيلة نسبياً على سطح الأرض. ويمرور الوقت فإن المواد المعدنية التى تنشر الحرارة بببطئ تتخلف فى الجو كنتيجة لانتشار الهيدروجين من الوشاح الشمسى إلى نواتها. وتتراكم هذه المواد المعدنية لتكوين حاجز يمنع الاشعاع من النواة ويحافظ على استمرار حالة من الثبات والاستقرار وما لذلك من أثر على تقلص الشمس وانكماش نشاطها. ومع ذلك، فعندما يسخن حاجز المواد المعدنية ويصبح اشعاعى النشاط تتولد تيارات الحمل وتتضخم نواة الشمس، ويعمل ذلك كله على زيادة كمية الهيدروجين التى تزيد بدورها إنتاج الطاقة وإنتاج الحرارة بشكل لا يمكن نقله على نحو كاف أو ملائم إلى السطح. ولهذا يتمدد جسم الشمس. ومع تمدد الشمس وأثناء التزايد تستهلك الطاقة ومن ثم تتناقص الحرارة والضوء المنبعثين من الشمس كما يقل بالتالى الاشعاع مما يؤدى إلى زيادة البرودة على الأرض. ومع ذلك فإن تمدد جسم الشمس يعمل من جهة أخرى على انخفاض درجة حرارة النواة ونقص كمية الطاقة الناجمة عنها ومن ثم تنكمش النواة، وفى آخر الأمر تعود الشمس إلى سيرتها الأولى ووضعها العادى فتبعث بدفئها النسبى ورفع درجة الحرارة نسبياً على سطح الأرض.

ثانياً: التغير المناخى والاختلاف فى المغناطيسية الأرضية

بدأت فى العقود الأخيرة دراسات عديدة تبحث فى العلاقة بين التغيرات فى قوة أو شدة المجال المغناطيسى الأرضى والتغيرات المناخية. وعلى الرغم من أن هذه الدراسات مازالت فى مراحلها المبكرة إلا أنها أثبتت وجود بعض العلاقات الوطيدة بين درجات الحرارة والقوة المغناطيسية التى أمكن التوصل إليها على مدى يتراوح بين ١٠ سنوات، ١,٢ مليون سنة. فطى سبيل المثال توصل أولين ورفقاؤه فى عامى ١٩٧١ و ١٩٧٣ (Wollin et. al., 1971, 1973) أنه خلال الفترة من ١٩٢٥ إلى ١٩٧٠ تناقصت القوة المغناطيسية فى أماكن رصدها وملاحظتها فى المكسيك وكندا والولايات

المتحدة الأمريكية، وفي نفس الوقت ارتفعت درجة الحرارة. وبالمثل، وجد عند مرصد شدة المغناطيسية في كل من جرينلاند واسكتلندا والسويد ومصر أن قوة المغناطيسية تزداد في المناطق التي تزداد برودة وانخفاضاً في درجة الحرارة، أي أن هناك ارتباطاً عكسياً شديداً بين التغيرات في قوة المجال المغناطيسي الأرضي وتغيرات المناخ (شكل رقم: ١٠-٥).



(شكل رقم: ١٠-٥)، منحنيات الكثافة المغناطيسية على أساس المتوسط السنوي مقارنة بالمتوسط المتحرك لكل عشر سنوات لدرجة حرارة الشتاء لوسط إنجلترا (١٩٧٠ - ١٩٠٠) وحتى الآن لا يوجد سبب أو برهان واضح يفسر مثل هذه العلاقة. ولكن من المحتمل أن تكون التغيرات في المجال المغناطيسي الأرضي استجابة للتغيرات في النشاط الشمسي، وإن كان كل من المناخ والمغناطيسية الأرضية يرتبطان معاً باستجابتهما للأحداث الشمسية، كما يؤكد دولين ورفقاؤه. وإذا كان الحال كذلك فلا تكون المغناطيسية سبباً بسيطاً وذات علاقة سببية مؤثرة على المناخ. وعلى الرغم من ذلك فإنه من المحتمل أن المغناطيسية قد تعدل المناخ لدرجة ما وفقاً لقدرة المجال المغناطيسي الأرضي التي توفر إلى حد ما درعاً واقياً ضد خلايا الإشعاع الشمسي. ومن هنا، وعلى هذا الأساس يمكن القول بأن العلاقة بين هاتين الظاهرتين، المغناطيسية الأرضية والمناخ، قد رسخ وجودها وإن كان سبب هذه العلاقة مازال غير واضح أو مفهوم حتى الآن - وربما سيظل كذلك لفترة طويلة قادمة !!.

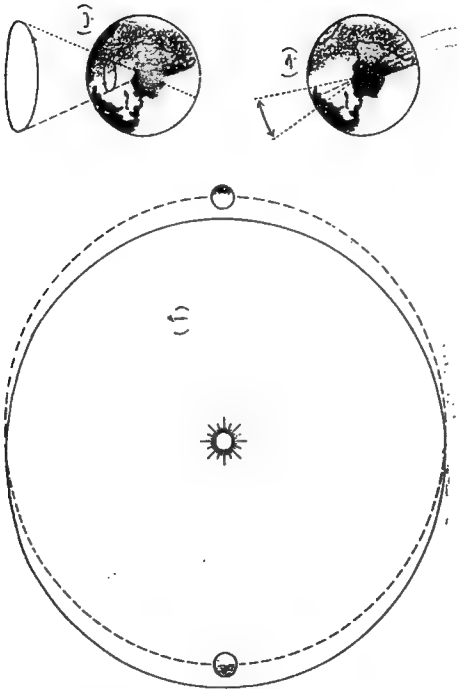
نظريات التغير المناخي وشكل (هندسة) الأرض

(١) فرضية كروول - ميلانكوفيتش Croll-Milankovitch

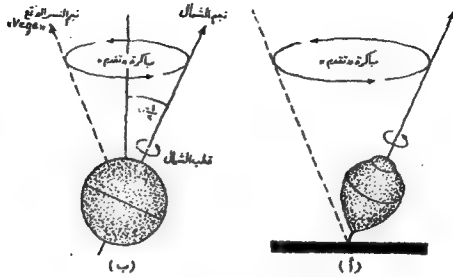
بالرجوع إلى الشكل رقم (١-١٠) نرى أنه من المنطقي أن نفترض أنه إذا كان موضع وشكل الأرض كأحد الكواكب وعلاقته بالشمس عرضة للتغير فكذلك يكون الإشعاع الشمسي الذي تستقبله الأرض عرضة للتغير. ومثل هذه التغيرات تحدث بالفعل، أحياناً، نتيجة ثلاثة عوامل فلكية رئيسية لها أهمية اعتبارية في هذا الشأن وتحدث بشكل دوري (شكل رقم: ٦-١٠) هي: التغيرات في المركز الهندسي لمدار الأرض (دورة كل ٩٦٠٠٠ سنة)، بمباكرة الاعتدالين أو تقدمهما (دورة كل ٢١٠٠٠ سنة)، والتغيرات في ميل دائرة البروج أو ميل الحركة الظاهرية للشمس (الزاوية المحصورة بين مستوى مدار الأرض ومستوى دوران خط الاستواء) والذي يتم في دورات كل ٤٠٠٠٠ سنة.

ومن المعروف أن مدار الأرض حول الشمس ليس دائرياً تماماً بل اهليلجي أي يتخذ شكل القطع الناقص الدوراني، فإذا كان المدار دائرياً تماماً لتساوى طول كل من فصلي الشتاء والصيف. وكلما زاد انحراف المدار عن المركز الهندسي له، كلما زاد الفارق بين طول كل من الشتاء والصيف. وعلى مدى ٩٦٠٠٠ سنة قد يستطيل مدار الأرض ليميل نحو الشكل البيضاوي ثم ما يلبث أن يعود إلى الشكل الدائري تماماً.

ونعني بمباكرة الاعتدالين أو تقدمهما أنها، ببساطة، تغير الوقت الذي يزداد فيه اقتراب الأرض من الشمس خلال السنة (أو ما يعرف بالحضيض أو نقطة الرأس Perihelion وهي أقرب نقطة في مدار الأرض إلى الشمس). والسبب في ذلك أن الأرض تدور حول محورها بصفة مستمرة كما أنها تترنح أثناء حركتها في مدارها وقد لوحظ - منذ زمن طويل - أن طرفي محورها ليس لهما اتجاه ثابت بل أن هذين الطرفين يترنحان في دوارنهما حول المركز في حركة حلقة دائرية صغيرة المجال. ويحدث الحضيض في الوقت الحالي في شهر يناير (٣ يناير تقريباً) ولكن في غضون ١٠٥٠٠ سنة قادمة سيتقدم وقت اقتراب الأرض من الشمس. أو الحضيض - ليقع في شهر يوليو.

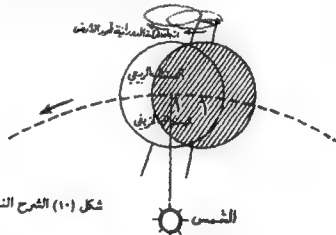


(شكل رقم ١٠-٦) الأنواع الثلاثة من التذبذبات في شكل الأرض
كما أشارت إليه فرضية كروول وميلانكوفيتش



شكل (٩) مباكرة الاعتدالين - كما توضحها حركة الدوامة (أ) - والتي تؤدي إلى تغير في مواقع القطب الشمالي ، وأيضاً موقع نجم الشمال (ب)

عن - حكم ، ١٩٦٥ .



شكل (١٠) الشرح النظري لمباكرة الاعتدالين

عن - حكم ، ١٩٦٥ .



(شكل رقم ١٠٠٧)، مباكرة الاعتدالين كما توضحها حركة الدوامة والتي تؤدي إلى تغير في موقع القطب الشمالي وموقع النجم القطبي الشمالي

وثالث الاضطرابات والذبذبات الدورية، هو تغير ميل دائرة البروج أو تغير ميل حركة الشمس الظاهرية ويتضمن اختلاف ميل المحاور التي تدور الأرض حولها. وتختلف قيمة الميل بين ٢١ ٣٩ و ٢٤ ٣٦ وتشبه هذه الحركة السفينة على سطح الماء. وكلما زاد الميل كلما اتضح الفارق بين الشتاء والصيف.

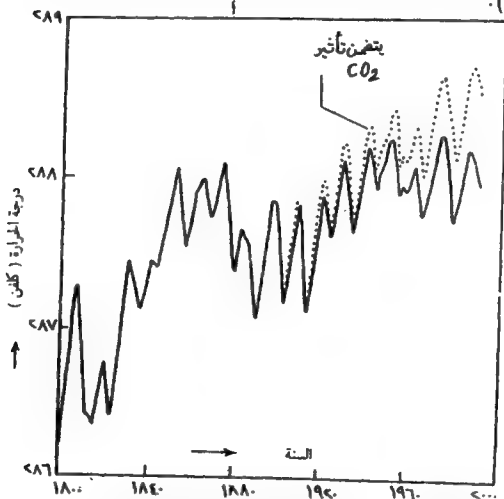
وترجع أهمية هذه التذبذبات أو العوامل الفلكية الثلاثة الى سنة ١٨٤٢ عندما اقترح أوهمار J. F. Ashemar أن المناخ قد يتأثر بهم. وقد طور كل من Croll في الستينيات من القرن التاسع عشر وميلانكو فيتش Milankovich في العشرينات من القرن العشرين هذه الآراء (Beckinsale & Michtell, 1965) وتكمن جاذبية هذه الأفكار الى أن تغير درجة الحرارة الناجح قد يكون ١ أو ٢ مئوية ويبدو أن فترات هذه التذبذبات تماثل الى حد كبير فترات تقدم الجليد وتراجعة خلال البليستوسين. وقد أوضحت طرق التأريخ بالنظائر أن سجل تغيرات مستوى سطح البحر كما هو واضح من دراسة مصاطب الشعاب المرجانية في أماكن مختلفة وسجل الارتفاع والانخفاض الحرارى من العينات اللبية لقيعان البحار أنها تماثل الى حد كبير المنحنيات النظرية للاشعاع الشمسى لميلانكو فيتش Milankovitch. وهناك أدلة أكيدة على أن النظريات الفلكية تعد تفسيراً للتغيرات البيلية على مدى طويل. ومع ذلك فإن فرضية كرويل - ميلانكو فيتش Croll Milankovitch - توضح مجموعة من الأحداث الدورية التي قد تكون أطول لتناسب مع التذبذبات المناخية فيما بعد الجليد وأقل من أن تلقي الضوء على المسافات الفاصلة بين لفترات الجليدية الرئيسية. بالإضافة إلى ذلك فإن الفرضية تؤيد أن الجليد في العروض العليا كان نتيجة تباين الاشعاع الشمسى، فى حين بالنسبة لحجم كتلة الجليد، فإن زيادة التساقط عن الحد الأدنى الحالى الذى يسقط فى المناطق القطبية قد يكون أكثر أهمية، وأخيراً فإن اختلافات الاشعاع المحسوبة الناتجة عن هذه الافتراضية لا تتجاوز نسبة مئوية صغيرة ولذلك فإنه إذا قلنا أن هذه العملية قد تكون قادرة على أحداث تغير فلابد من وجود عوامل أخرى تساعدها.

(٢) نظرية نقاء أو شفافية الغلاف الجوى

Atmospheric transparency Hypotheses

حتى لو افترضنا أن التغيرات فيما يصل من اشعاع شمسى إلى الأرض لم تكن على درجة كافية لتغير مناخ الأرض، فإن آثار الاشعاع الآتى من الشمس لا بد وأن تغيرت بشكل ملحوظ نتيجة التغيرات فى تركيب الغلاف الجوى للأرض، وقد يحدث هذا خلال التغيرات فى مستوى ثانى أكسيد الكربون والأوزون والأثرية وما يحتوية من ماء.

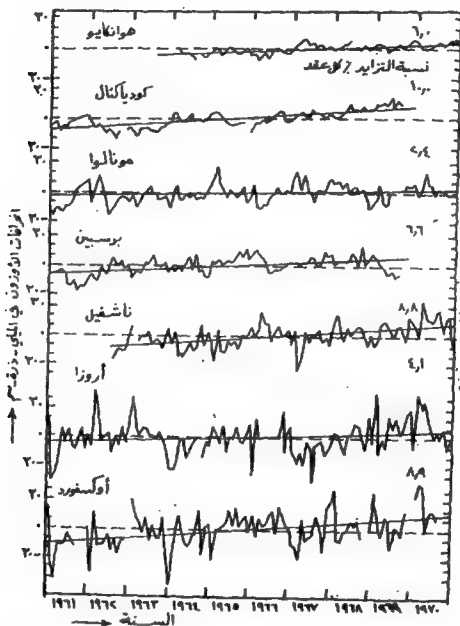
والتفكير في الدور المحتمل لثاني أكسيد الكربون ينأتى بالنظر الى نظرية بلاس Plass وبالأخذ في الحسبان دور الانسان كعامل من عوامل التغير المناخى فى الآونة الأخيرة . ولا بد من الإشارة إلى أنه رغم أن ترجيح التغيرات الجوهرية جدا فيما يحتوية الغلاف الجوى من ثانى أكسيد الكربون موضع لبعض الشك لأن دورة الكربون الأرضى تحكمها الى حد كبير عملية امتصاص المحيطات للغاز، فالمحيطات تكون خزاناً ضخماً من مركبات الكربون . وعلاوة على ذلك ففي الوقت الحالى من الصعب أن نرى أى العوامل قد سببت تغيراً على درجة كافية فى محتويات ثانى أكسيد الكربون فى الماضى . ومع ذلك اذا تساوت باقى الأشياء فزيادة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى سيؤدى هذا الى امتصاص الموجات الطويلة للإشعاع الأرضى فى النطاق من ١٣ الى ١٧ ميكرون مما يعمل على رفع درجة الحرارة (شكل رقم: ٨-١٠) .



(شكل رقم: ٨-١٠) دور ثانى أكسيد الكربون فى التأثير على التغيرات

فى درجة حرارة كوكب الأرض

والأوزون الموجود في طبقة الاستراتوسفير العليا على ارتفاع يتراوح بين ٥٠، ٣٩ كيلو متر يكون مؤثراً في تصفية الأشعاع الشمسي الداخل (بواسطة امتصاص الموجات القصيرة) وقد يتأثر الإشعاع الصادر أو المرتد من الأرض بامتصاص الأشعة تحت الحمراء. والتغيرات في تركيز الأوزون قد تكون نتيجة للتغيرات في الانبعاث الشمسي ويشكل عام فأي زيادة تؤدي إلى زيادة درجة حرارة سطح الأرض (شكل رقم: ٩-١٠).



(شكل رقم: ٩-١٠): التذبذبات في كمية غاز الأوزون الكلية خلال عشر سنوات (١٩٦١ - ١٩٧٠) في عدة أماكن مختارة من العالم (لاحظ ميل كمية الغاز نحو التزايد)

والثورانات البركانية قد تؤدي الى برودة المناخ نتيجة تواجد غشاء أو ستار من الغبار Dust - veil فى طبقة الاستراتوسفير السفلى. وأن كان الوقت هنا سيكون قصيراً ولذا فستكون أهميتها محدودة لتذبذبات مناخية ثانوية وضئيلة. ومع ذلك فالدراست الحديثة عن الثورانات البركانية ودرجة الحرارة¹¹ شديدة تشير أنها قد تكون فى غاية الأهمية على مدى فترة زمنية قصيرة. فإنسياب الرماد البركانى من Krakatoa فى ثمانينات القرن التاسع عشر أدى إلى زيادة الاشعاع بحوالى ١٠ - ٢٠ ٪ لمدة ٢٠١ سنة، كذلك فإن الرماد البركانى من Krakatoa تخلل طبقة الاستراتوسفير ليصل الى ارتفاع ٣٢ كم. وقد أشارت دراسات حديثة الى أن أبرد فصول الصيف وأكثرها رطوبة فى بريطانيا مثل عام ١٦٩٥، وعام ١٧٢٥ وستينات القرن الثامن عشر، وأربعينات القرن التاسع عشر وعام ١٩٠٣، وعام ١٩١٢ من القرن العشرين حدث فى نفس الوقت الذى زاد فيه الغبار البركانى فى الاستراتوسفير فى الغلاف الجوى العلوى (Lamb, 1971). وفوق هذا فإن فترة الدفء الحاررى فى نصف الأرض الشمالى والتى امتدت فى العشرينات والثلاثينات والأربعينات من القرن العشرين تتعاصر مع فترة لم يكن فيها أى ثوران بركانى فى نصف الأرض الشمالي مما يشير الى احتمال أن عدم وجود الغبار البركانى خلال هذه العقود كان أحد العوامل فى عملية الدفء. وإذا رجعنا بعيداً إلى الوراء فدراسة عينة الجليد اللبية فى انتركاتيكا قد دلت على سقوط غبار بركانى كثير ومتعدد فى الفترة من ٢٠٠٠ إلى ١٦٠٠ سنة مضت. وهو نفس وقت أوج البرودة فى الفترة الجليدية الأخيرة) وبالمثل فإن فترة المناخ الأمثل والعصر الجليد الأصفر (Bray, 1974) يبدو أنهما يتعاصران مع فترتي ركود ونشاط بركانى على التوالي (شكل ١٠ - ١٠).

بالإضافة الى دور العوامل السابق ذكرها فإن الغبار البركانى قد يقلل سطوع الشمس حيث أن هذه الانتية تشجع على تكوين السحب كما أن ذرات الغبار تساعد على تكون بلورات الجليد فى الهواء التى تنخفض درجة حرارته الى مادون التجمد والمشبع ببخار الماء. ويقترح براى (Bray, 1974) أنه خلال الهولوسين بشكل اجمالى وعلى أساس فحص توارىخ الكريون المشع ١٤ C، نجد أن التقدم الرنيسى للأنهار الجليدية الألبية والقطبية كان متعاصراً تماماً مع فترات النشاط البركانى فى فترة ما بعد وسكنس (فيرم) الجليدية فى نيوزيلنده واليابان وجنوب أمريكا الجنوبية (٤٧٠٠ - ٥٤٥٠ - ٢١٥٠ و ٢٨٨٥ و ٥٠ - ٤٧٠ سنة مضت). وثمة دليل إضافى على دور النشاط البركانى يأتي من تحليل التراب البركانى الخشن فى ٣٢٠ عينة لبية من أعماق البحار. وقد وجد كل من Kennett & Thunell أن مثل هذا التراب مفكر جداً

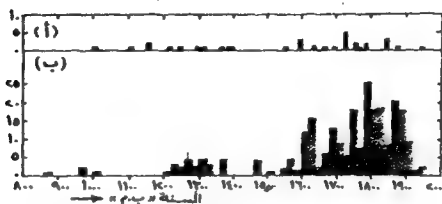
فى القسم الرباعى من زمن الحياة الحديثة، بما يعادل أربعة أمثال وجوده فى وسط اللبوجين.

رابعا: افتراضيات تتضمن تغيرات فى جغرافية يابس الأرض

على الرغم من أن التغيرات المناخية لا يقتصر حدوثها على فترات زمنية قصيرة الأجل التى من أمثلتها العصر الجليدى الصغير أو فترة دفء القرن العشرين فإن بعض التغيرات طويلة الأمد والتى قد تتضمن بداية تكون الجليد، أماكن معينة من العالم قد تكون نتيجة تغير مواقع القارات أو زحزحة فى مواقع المحاور القطبية أو رفع القارات، من بين هذه العوامل الثلاثة نجد أن العاملين الأول والثانى قد لا تكون لهما أهمية نسبية إذا كنا بصدد الحديث عن البليستوسين حيث أن معدلات التغير بطيئة جدا. فمثلا كان معدل حركة القطب يقدر بـ $10 \times 3^{-}$ درجة فى السنة وقد لا يكون كافيا ليؤثر على نمط الجليد فى البليستوسين (Cox, 1968). أما معدل زحزحة القارات فأعلى بقليل حيث يبلغ متوسط المعدل حوالى $10 \times 1^{-}$ درجة لكل سنة والذي يساوى ١ خلال ١٠٠ مليون سنة (وربما تكون ٢. فقط منذ بداية الجليد الكلاسيكى) حتى مع أقصى معدل افتراضى $10 \times 6^{-}$ درجة كل سنة، ستكون إزاحة لا تستحق الأهمية. ورغم ذلك فقد اقترح إوينج (Ewing, 1971) أنه إذا كان اتساع قاع البحر يحدث بمعدل 2 سم/سنة ، فمعرض أخدود مثل ذلك الذى يقع بين سبتزيرجن وجريتلند قد يترافق إلى ٢٠٠ كيلومترا فى ١٠ مليون سنة ليكون كافياً ليؤثر على دخول التيارات المحيطية إلى القطب الشمالى وكذلك على مناخ المناطق الحيطية. ورغم هذا فهناك كثير من الباحثين الذين يرون أن الأسباب الأرضية للتغير المناخى يمكن حصرها فى حركات الرفع التى تؤدى إلى بناء الجبال والتى تكون قمعها على ارتفاعات كافية وباردة لتسمح بتراكم الثلج والجليد وقد يكون لهذا آثاره الهامة كما سبق وأشرنا من قبل أن البليستوسين وأواخر الزمن الثالث شهدا حركات تكونونية لها اعتبارها.

وإذا افترضنا أن معدل الرفع فى منطقة تشطة تكويناً يصل إلى ١٠ متر لكل ١٠٠٠ سنة فهذا يتطلب ١٠٠٠٠ سنة فقط ليقفّض متوسط درجة الحرارة 0.65 درجة مئوية حيث أن درجة الحرارة تنخفض بمعدل 0.65 م كلما ارتفعنا ١٠٠ متر. ولهذا فعبء البليستوسين قد يكون فى الامكان أن تظهر جبال بسرعة كافية وتؤدى إلى خفض ملحوظ فى درجة الحرارة عند قممها، كذلك فإجمالى كمية المطر يتجه للزيادة ما هو معروف بزيادة الارتفاع على الأقل حتى إرتفاع ٣٠٠٠ متر، ولذا فإن المحصلة النهائية أن ارتفاع الجبال يؤدى إلى إيجاد مصائد ثلجية حقيقية. ورغم هذا، فإذا كان الارتفاع فقط هو السبب الرئيسى وراء وجود حقل ثلجى كبير أو حقل جليدى فبمجرد

تواجده يمارس تأثيره على الألبيدو ونظم الضغط ليكون دائما قائما بذاته . ولكي تختفى هذه الكتلة الجليدية لابد من تواجد عوامل أخرى .



(شكل رقم ١٠-١)، الثورات البركانية 'تضخمة' في أيسلندة

وجليد المحيط الشمالي منذ سنة ٨٧٠ بعد الميلاد

أ - الثورات البركانية الكبرى .

ب - الجليد القطبي عند سواحل أيسلندة

. أسابيع / سنة ، متوسطات ٢٠ سنة

والآثار التي تنجم عن مثل هذا الارتفاع قد تكون محلية أو عالمية فمثلا ارتفاع جبال روكي قد يؤثر تأثيراً جيداً على الطقس بشكل عام في نصف الأرض الشمالي بتأثيره على موجات الغلاف الغازية واعتراض أضداد الأعاصير Anticyclons عبر شمال الأطلسي . وعدم تعرض جميع المناطق لتكرار الجليد دليل يؤيد هذا الافتراض ، وفي كثير من الحالات يبدو ممكناً أو محتملاً أن الارتفاع في أواسط وأواخر اليلستوسين أدى إلى وجود جبال في بعض المناطق في وضع يسمح بتراكم الجليد ، منها على سبيل المثال جبال Mauna Kea (هاواي) وتسمانيا والبرانس كلها شهدت فترة جليدية رئيسية واحدة في أواخر اليلستوسين .

خامساً : نظريات التغذية الاسترجاعية (التغير الذاتي)

Feedback (autovariation) hypotheses

تعرضنا فيما سبق لمجموعة من الاسباب التي يمكن أن تؤدي إلى تغير مناخنا منها تغير الاشعاع الشمسي وموقع وشكل الأرض وعلاقتها بالأجرام السماوية الأخرى

ونوعية الغلاف الجوى وتوزيع اليابس والماء والجبال. وهناك عدد من الافتراضات التى تتصور أن الغلاف الجوى يحتفظ بدرجة من عدم الاستقرار الداخلى التى قد تؤدى إلى وجود عامل ذاتى للتغير. ويمكن لنا أن نتصور أن بعض التغيرات البسيطة من خلال التغذية الاسترجاعية الايجابية Positive feedback يكون لها آثارها الواسعة التى تكون على مدى زمنى طويل. وقد كتب ميتشل (Mitchell, 1968) أن التقلبات البيئية البسيطة قد تكفى لتغير الدورة الهوائية العامة والمناخ من حالة إلى أخرى. وفيما يلى عرض لبعض الأمثلة المختارة التى تشير إلى أهمية الافتراضات التى تتضمن علاقات التغذية الاسترجاعية (الارتدادية) أو التغير الذاتى»

(١) نظرية ولسون

تقدم ولسون Wilson لنا فى عام ١٩٦٤ بنظرية من نظريات التغذية الاسترجاعية مفادها أنه فى الوقت الذى كان فيه السمك الاجمالى للغطاء الجليدى فى انتركاتيكا أقل من القيمة الحرجة كان معدل السمك الناتج عن تراكم التساقط يزيد عن معدل الهبوط الناتج عن الانسياب المرن وفقدان الكتلة عن طريق انفصال الجبال الجليدية عند الاطراف. وعندما وكيفما يصل سمك الجليد إلى قيمة حدية حرجة يصبح الضغط العرضى للقص قرب قاعدة الغطاء الجليدى كبير بحيث يزداد انسياب الجليد بشكل مفاجئ. ويؤدى هذا إلى التسخين بالاحتكاك ومن ثم يزداد الانسياب أكثر وأكثر حتى ينفجر الغطاء الجليدى بأكمله بمعدل فجائى تقريباً، وبالتالي تمتلئ المحيطات بالجليد وبذلك تنخفض درجة حرارة العالم والتى تشجع على تكون الجليد فى جهات معينة أخرى من العالم (Hollin, 1965, Selby, 1973).

وإلى جانب ذلك فإنه نتيجة اندفاع الغطاء الجليدى فإنه فى الامكان أن ينتقل ثلث الغطاء الجليدى إلى الرف القارى مكوناً رفاً جليدياً ضخماً. هذا الرف قد يزيد الألبىثر السطحى إلى 10×25 كيلومتر مربع من المحيطات من ٨٪ إلى ٨٠٪ مؤدياً إلى زيادة البرودة بخفض الحرارة الواردة إلى الأرض ككل بحوالى ٤٪.

(٢) نظرية بلاس

فى عام ١٩٥٦ اقترح جليبرت بلاس C.N. Plass نظرية يوضح فيها عدم الاستقرار الداخلى للغلاف الجوى، وأوضح فيها أن هناك سبب غير محدد يؤدى إلى خفض محتوى الغلاف الجوى من ثانى أكسيد الكربون. مما يؤدى إلى خفض درجة حرارة الغلاف الجوى، وبعد ٥٠٠٠٠ سنة أو نحو ذلك تبرد المحيطات بنفس الدرجة وتصل إلى توازن جديد فى محتوى ثانى أكسيد الكربون فى الجو. وانخفاض الحرارة

يشجع على تراكم الجليد على القارات والذي يؤدي بالتالى الى انخفاض مستوى سطح البحر وبالتالي إختلال نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الجو حيث تتركز فى المحيطيات. وزيادة ثانى أكسيد الكربون فى الجو تؤدى إلى دفء الغلاف الجوى مؤدية بالتالى الى ذوبان الجليد واستعادة المحيطات أحجامها الأصلية.

(٢) نظرية إوينج - دون

سادت نظرية إوينج - دون Ewing - Donn فى الفترة ١٩٥٦ - ١٩٥٨ والتي تقول إن دورة الأحداث تبدأ بمستويات مرتفعة لسطح البحر خلال الفترات ما بين الجليدية مع انسياب مياه دافئة نحو المحيط المتجمد الشمالى. وكلاهما يحفظ جليد المحيط مناسباً لتراكم الثلج المتساقطة على هيئة ثلج على اليابس المحيط. مما يؤدى إلى انخفاض مستوى سطح البحر ومن هنا تعمل السلسلة الجبلية المحيطية الموجودة بين أيسلندة و Faeroes الى اعاقه حركة المياه الدافئة نحو المحيط المتجمد الشمالى. كما أن ازدياد مساحة الغطاء الجليدى قد تؤدى إلى انعكاس الاشعاع الشمسى بنسبة أكبر مما يؤدى إلى زيادة معدلات البرودة وانخفاض درجة الحرارة. ومثل هذه النزعة قد تعززها المعلومات الخاصة بأضداد الأعاصير فوق الجليد مع رياح تهب نحو الخارج تصد التأثيرات الأطلسي المعتدل. ومن ثم يتجمد المحيط الشمالى ويمنع استكمال الغطاءات الجليدية والتي تتعرض للانكماش التدريجى. ثم يرتفع سطح البحر وتنساب المياه الدافئة مرة أخرى وتكون بداية لدورة جديدة.

وقد أثبتت دراسات حديثة على عينات من أعماق المحيط الشمالى أن هذا المحيط الشمالى لم يخل من الجليد خلال البليستوسين ومن ثم لا يمكن أن يكون عاملاً فى نمو أو ذوبان الأنهار الجليدية القارية فى البليستوسين.

(٤) نظرية ويل

أشار ويل P. K. Weyl فى عام ١٩٦٨ إلى حقيقة هامة، وهى أن درجة ملوحة مياه المحيط الأطلسي فى الوقت الحاضر تزيد عن درجة ملوحة مياه المحيط الهادى. وقد أرجع ذلك إلى أن مياه أقصى شمال المحيط الأطلسي لا تتجمد شتاء حتى أماكن تقع إلى الجنوب من دائرة عرض ٧٥ شمالاً، بينما يصل حد الجليد الشتوى إلى دائرة عرض ٦٠ شمالاً فى المحيط الهادى. وتترافق الملوحة الأكبر فى المحيط الأطلسي شمال دائرة الاستواء بانتقال الرطوبة باضطراب بواسطة الرياح التجارية نحو الغرب عبر برزخ بنما، بينما تتدفق الرطوبة بشكل عكسى تجاه الشرق من المحيط الهادى فى منطقة الرياح الغربية، غير أن جبال الروكى تقف عائقاً فى وجه تدفق الهواء الرطب

من الغرب، ويتولد عن ذلك ضعف فى الحركة الجوية عبر الأطلسي، مما يترتب عليه تقليل كمية المياه المفقودة من المحيط الأطلسي نحو الجو، وخفض الملوحة فى ذلك المحيط، مما يمكن جليد المحيط المتجمد الشمالى من الانتشار بعيداً نحو الجنوب فى القطاع الأطلسي.

ومما لا ريب فيه، فإن هذه الآلية تلعب دوراً جزئياً فى كل التغيرات المناخية فى المناطق التى تحدث فيها تغيرات هامة فى تبادل بخار الماء بين محيط ومحيط آخر. أما ازدياد انتشار جليد البحر أو تقلص امتداده، فيرتبط بحركة الرياح التى تكون قوية أو ضعيفة أو متقلبة فى قوتها، إذا واجهتها حواجز جبلية، وهكذا يبرد المناخ أو يزداد سخونة وحرارة.

(5) نظرية بروكس

تعود البذور الأولى لنظرية بروكس C. E. P. Brooks إلى عام ١٩٢٥ والتى ظهرت فى كتابه بعنوان «المناخ عبر العصور» Climate through the ages، المنشور لأول مرة عام ١٩٤٩. ولقد عرضت هذه النظرية على المبادئ المتسلسلة التالية: إن النمو الثابت والاضمحلال فى قلسوات الجليد القطبية يعتمد على قوة التبريد المرتبطة بتغير درجة عاكسية الإشعاع الشمسى وصفاته للجليد العائم الموجود فى المحيط القطبى والذي يعود فى تكويده فى البداية إلى إنخفاض بسيط فى درجة حرارة السطح إلى ما دون درجة التجمد. ويرجع انخفاض درجة الحرارة إلى حدوث ارتفاع فى القارات. فإذا ما تغطت منطقة ما باتساع عشر درجات عرضية بالجليد، فإن هذا الجليد سينتشر بسرعة فوق منطقة تغطى ما يقرب من ٢٥ درجة عرضية. ولكن إذا ما ذاب هذا الجليد بفعل حرارة الصيف وتقلص فى اتساعه إلى من أقل من عشر درجات فإنه سيحافظ على اضمحلاله بسرعة. وتوضح آراء بروكس أن نظريته يمكن تطبيقها كذلك على نمو وتقلص الغطاءات الجليدية فوق اليابس فى العروض العليا. وترتبط تغيرات درجة الحرارة، التى هى المحرك الأساسى لتلك التطورات، بالتغيرات فى فائض الإشعاع الذى يستقبله سطح الأرض. كما يرتبط تأثير درجة عاكسية الجليد على امتداد الغطاء الجليدى فوق سطح الأرض بأية نسبة انخفاض فى الإشعاع الشمسى. فقد قدر أن انخفاض نسبة الأشعة بمقدار ١.٥ ٪ تكون كافية لبدء عصر جليدى جديد، وإذا زاد هذا الانخفاض ليصل إلى ٥ ٪ فإن ذلك سيعمل على تزايد الجليد بشكل واسع بما يحول سطح بأكمله إلى سطح جليدى.

(٦) نظرية الألبيدو

هناك عامل واحد يتحكم في مستوى التسخين في النظام الجوى للأرض وهو درجة انعكاس أو امتصاص سطح الأرض للأشعاع الشمسى . والتغيرات فى الألبيدو سطح الأرض والتي قد توجد نتيجة أحداث بسيطة قد تؤدى الى تغيرات رئيسية فى المناخ . فعلى سبيل المثال نجد أن إرساب غبار بركانى داكن اللون فوق الغطاءات الجليدية نتيجة انفجار بركانى ، يؤدى إلى ذوبان الجليد فى هذا الغطاء والذي قد يؤدى بدوره الى خلق سلسلة متوالية من الأحداث . وبالمثل ، فإن وجود غطاء جليدى مستمر على غير العادة فوق شمال كندا نتيجة لفصول شتاء ثلجية وفصول صيف باردة مصادفة قد يساعد إما على تغير مناخى مباشر أو قد يلعب دوراً كجزء من رد فعل التغذية الاسترجاعية .

ومثل هذا الغطاء الجليدى الذى يستمر خلال كل أو معظم الصيف والخريف يعكس أشعة الشمس مؤديا الى برودة الهواء وانخفاض درجة حرارته ، وهذا فى حد ذاته قد يرجح تراكم الثلج فى الشتاء التالى ، ويتراكم الثلج تدريجيا يؤدى الى غطاء جليدى شاسع الامتداد ،

دور الانسان في التغيرات المناخية

طبقت الافتراضات المختلفة التى سبق مناقشتها بدرجات مختلفة من النجاح لفترات زمنية مختلفة الطول ، وذلك لأن التغيرات البيئية والمناخية التى يشهدها العالم الآن تماثل التغيرات البيئية والجوية التى كانت تحدث منذ ملايين السنين للانتقال بين العصور الجيولوجية المختلفة قديماً ، وكانت تلك التغيرات تغيرات طبيعية تحدث نتيجة مؤشرات فلكية كالتى ذكرناها سلفاً ، وهى كلها ظواهر طبيعية ليس للإنسان سلطان عليها ولذلك كانت تتم تدريجيا وتستغرق آلاف السنين . أما التغيرات المناخية الحديثة التى نعيشها الآن سببها نشاطات انسانية ولذلك تتم بشكل حاد وعنيف وخلال فترة قصيرة نسبياً مما يزيد من الشعور بحدتها وعنفها . وعموماً فإن كل هذه التغيرات ما هى إلا مرحلة انتقالية يعاد خلالها تشكيل المناخ العالمى على صورة جديدة ثم تحدث حالة استقرار حيث يعاد الإنسان على شكل المناخ الجديد . ولدور الإنسان مكانه الهام ، فكما يعتقد العلماء أن تغيرات المناخ فى القرن العشرين الماضى قد أثرت الى حد كبير على الانسان ولكن فى نفس الوقت كان الانسان مسئولاً إلى حد ما عن بعض التغيرات التى تنجم بصفة خاصة عن تأثيره على نوع الغلاف الجوى . وحتى الآن ، نظراً لتفقد النظام الجوى وكثرة الأسباب الممكنة ، من الصعب أن نحدد تماماً الدور الذى لعبه

الإنسان، وإن كان من الممكن التعرف على بعض أشكال تدخل الإنسان وأثره على التغيرات المناخية على الأرض.

وأحد العمليات الهامة في هذا الشأن هو استهلاك الوقود الحفري مثل الفحم والبتترول. وحتى وقت قريب كانت كمية الطاقة التي يستخدمها الإنسان والتي يستخرجها من هذه المواد قليلة جداً مقارنة بالطاقة الشمسية و"طاقة الناتجة عن حرق النباتات ولكن هذا الموقف تغير حيث نجد أن استهلاك الطاقة العالمية يتزايد بمعدل حوالى ٤ ٪ سنوياً أى أنه يتضاعف مرة كل ١٧ سنة.

ويرتبط ارتباطاً وثيقاً بالانتاج الحرارى زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون الموجود بالجو. ففي الوقت الحالى يزداد معدل ثاني أكسيد الكربون حوالى سبعة أجزاء فى المليون فى كل عقد، فقد كان تركيز ثاني أكسيد الكربون سنة ١٩٦٠، ٣١٢ جزء فى المليون ثم ارتفع إلى ٣٥٠ جزء فى المليون فى ثمانينيات القرن العشرين المنصرم. ويؤثر تركيز ثاني أكسيد الكربون على كمية الاشعاع الشمسى الذى يصل الى الأرض ويشكل عام فالزيادة لابد أن تؤدى إلى الميل نحو الدفء وقد قدر أن تضاعف ثاني أكسيد الكربون قد يرفع درجة حرارة سطح الأرض بحوالى ٠.١٣ درجة مئوية كل عشر سنوات، وأن كان هناك بعض الملاحظات والدراسات الحديثة التي تشير الى أن معدل الزيادة فى درجة الحرارة يقل مع زيادة محتوى الغلاف الجوى من ثاني أكسيد الكربون ولهذا فالا احتمال بعيد أن تصل درجة الحرارة الى مستويات مرتفعة.

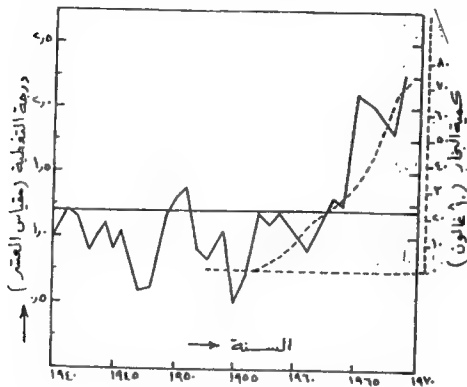
كذلك فإن زيادة استخدام مصادر الطاقة الحفرية (البتترول - الفحم) يؤدى إلى زيادة تلوث الغلاف الجوى. وزيادة الأتربة أو الدخان له أثره على انتشار أو إمتصاص الاشعاع الشمسى ولهذا تميل درجة حرارة الأرض للتغير، كذلك فقد تكون سبباً فى قلة الأمطار بتقليلها نشاط تيارات الحمل. وعلى العكس فهناك من يرون أن زيادة المواد الدقيقة فى الغلاف الجوى قد تؤدى إلى وجود نوايات تساعد على تكاثف وتسامي بخار المياه فى الغلاف الجوى وبذلك تزداد السحب. والآثار الدقيقة للدخان على درجة الحرارة مازالت لسوء الحظ غير واضحة وسواء أكانت أضافة الدخان تؤدى إلى تسخين أو تبريد الغلاف الجوى فهي عملية لا ترجع فحسب للخصائص الفعلية لهذه المواد ومدى قدرتها على الامتصاص والتغذية بل كذلك لمواقعها الخاصة فى الغلاف الجوى بالنسبة للسحب، وعكس السحب والسطح للأشعة كذلك. ولهذا فقرب القطب قد تؤدى ذرات الايروسول الترمادية، أو الهباء الجوى، إلى دفاء الغلاف الجوى حيث يقل عكسها للأشعة عن السطوح الجليدية والثلوج التي تقع أسفلها، بينما فى المناطق الزراعية الداكنة فإنها تعكس كميات أكبر مؤدية الى البرودة، ولهذا فإن كمية التأثير الناتجة عن

زيادة الدخان في الغلاف الجوى غير واضحة، ولكن اقترح راسول وسكنيدن عام ١٩٧١ (R. sool & Schneiden, 1971) أن الزيادة بمعدل ٤ أو ٥ في تركيز الدخان في الجو العالمى تكون كافية لخفض درجة حرارة السطح بحوالى ٢,٥ درجة مئوية. ولحسن الحظ فإن الدول المتقدمة والتي تصنيف أكبر كمية من الدخان غير الطبيعى الى الجو تمتلك المصادر الفنية للتغلب على هذه المـشكلة. وفعلا استطاعت بعض هذه الدول أن تخطو فى هذا المجال. ومع ذلك فهناك ما يدل على زيادة الأتربة والغبار فى الجو منذ بداية الثورة الصناعية بأتى من تحليل مستويات الأتربة من جليد الأنهار الجليدية المعروفة التاريخ فى جنوب روسيا (الاتحاد السوفيتى سابقاً)، فقد وجد حوالى ١٠ مج/ ١ فى طبقات جليدية ترجع للفترة ما بين ١٨٠٠ ، ١٩٢٠ ويزداد هذا الرقم فى الخمسينات من القرن العشرين إلى ٢٠٠ مج/ ١ أى عشرون ضعفاً.

وهناك نتيجة أخرى تتعلق بتأثير الإنسان على نوعية الغلاف الجوى وبذلك يحتمل تأثيره على المناخ هو دور الكيماويات خاصة مركبات كلوروفلوروميثين Chlorofluoromethanes التى تنبعث الى الهواء عندما تستعمل المبيدات وما شابهها فى المنازل. وقد اقترح أن تركيبها الكيماوى وشدة تبخرها تعنى أنها تبقى فى الجو لمدة طويلة ومن ثم تتراكم على مستويات مرتفعة. ومن المعتقد أن الانفصال الضوئى لهذه الغازات فى طبقة الاستراتوسفير ينتج كميات لا بأس بها من ذرات الكلور مما يؤدى إلى تحطيم بعض الأوزون الموجود فى الجو. يعد الأوزون عاملاً هاماً يتحكم فى الاشعاع.

وثمة مشكلة أخرى خطيرة تحدث فى طبقات الجو العليا وهى الخاصة بالطائرات والصواريخ، حيث تعمل الأخيرة على إخراج كيماويات سامة فى طبقات الجو العليا من خلال الدخان العادم. ومن المعروف أنه حتى الكميات القليلة من عنصر مثل الأوزون فى الطبقات العليا من الجو قد تتحكم بشكل ملحوظ فى ظروف الاشعاع. ولذا فأى اضافات قليلة لهذه المنطقة أو التفاعلات التى تتضمن اضافة كيماويات سامة قد يترتب عليها نتائج هامة. كذلك فما تنفثه الطائرات التى تفوق سرعتها سرعة الصوت من بخار الماء فى طبقة الاستراتوسفير قد يكون أكثر خطورة على المدى القصير. وفى الوقت الحالى انخفضت نسبة بخار الماء فى طبقة الاستراتوسفير كما أن التبادل بين الجزء السفلى من الاستراتوسفير والمناطق الأخرى من الغلاف الجوى منخفض. وعليه فالكميات المعتدلة نسبياً من بخار الماء التى تصريفها الطائرات قد يكون لها أثر واضح على التوازن الطبيعى. وقد وجد أن ٤٠٠ طائرة تفوق سرعتها سرعة الصوت سواء كانت عسكرية أو مدنية تعمل ٤ رحلات يومياً قد تترك ١٥٠×١٠ كيلوجرام من المياه

فى طبقة الاستراتوسفير السفلى . ومثل هذه الزيادة قد تؤدى إلى زيادة بسيطة فى درجة الحرارة قد تصل إلى ٠,٦ درجة مئوية . ووجود الرطوبة يمكن أيضا أن يظهر فى شكل سحب سمحاقية رقيقة مرتفعة (شكل رقم ١١ - ١٠) .



(شكل رقم ١١-١٠): التغير فى نسبة الغيوم العالية (السمحاق) فى جو مدينة

دنفر - كلورادو - الولايات المتحدة الأمريكية، منذ عام ١٩٤٠

وعلى المستوى القارى أو الأقليمى، فقد ناع - خاصة فى سنوات ما قبل الحرب - أن التهجير يصلح ظروف المطر خاصة على هوامش الصحراء وأن إزالة الغابات على العكس يؤدى الى تدهور فى ظروف المطر. ولهذا فمن خلال تأثير الإنسان على الغابات فى مناطق مثل منطقة السودان فى غرب أفريقيا كان ينظر الى الإنسان كأحد الأسباب التى يمكن أن تعمل على التصحر. ويعتمد تأكيد ذلك على الحقيقة المتعارف عليها أن وجود غابة له أثر أفضل على اقتصاديات المياه فى المنطقة. وقد نسبت هذه الظاهرة فى أول الأمر الى زيادة المطر وأكثر من هذا فارتفع الرطوبة النسبية فى الغابات وملاحظة دخان الغابات على مسافات قريبة ووجود الرطوبة المرتفعة فى الهواء المحيط بالغابة، كل هذا يقدم تأييداً واضحاً لهذا الرأى .

ويؤكد العلماء أن تدخل الإنسان بنشاطه العابر قد عمد إلى تلويث الجو وإزالة كثير من الغابات والأشجار ويؤدي كلا العاملين إلى رفع المحتوى الحرارى للجو. فالملوثة الجوية تعوق تسرب الحرارة من سطح الأرض إلى الفضاء، وإزالة الغابات والأشجار تؤدي إلى نقص امتصاص ثاني أكسيد الكربون الجوى فيزيد تركيزه تدريجيا ويزداد بالتالى مدى الاحتباس الحرارى فى جـ الرض.

ومن جهة ثانية، رغم وجود مشروعات قيد النقاش تهدف إلى تحسين ظروف المطر على هوامش الصحراء الكبرى عن طريق تشجير حزام ضخم من الأرض عبر غرب إفريقيا، فمن المؤكد أن تكوين التساقط عملية تتم فى طبقات الجو العليا. وطنا كانت النطاقات الجافة الرئيسية فى العالم يسودها الهواء الهابط فأى زيادة بسيطة فى الرطوبة تنتج عن وجود الأحزمة الشجرية سيكون عديم الأثر الى حد كبير. وقد ينطبق نفس القول على الخطط التى ترمى لإنشاء بحيرات ضخمة فى صحراء كاهارى والصحراء الكبرى. ولعل جفاف السواحل الأفريقية على طول البحر المتوسط أوضح مثال على مدى الأثر الضئيل الذى ينتج عن المسطحات المائية حتى ولو كانت بصخامة البحر المتوسط الذى يعد مصدراً للبخار الدافئ. وتبقى السواحل قاحلة نظراً لطبيعة الدورة الهوائية العامة.

ومع ذلك فرغم أن الغابات قد لا تسبب تغيرات واضحة فى التساقط من خلال عملية النتح، فهناك اهتمام زائد فى السنوات الأخيرة بالنتائج التى تقترب على إزالة الغابات نتيجة تغير الأليبدو الأرضى. فالأراضى المغطاة بالنباتات يتراوح الأليبدو بها بين ١٠-٢٥٪ بينما الأراضى التى قطعت أشجارها أو التى تأثرت بالرعى الجائر (كما فى مناطق الساحل) ترتفع بها نسبة الأليبدو مما يؤثر على مستويات درجة الحرارة. وتظهر المربيات الفضائية E R T S التى التقطت لمنطقة سيناء والنقب اختلافاً كبيراً جداً بين النقب الداكنة اللون ومنطقة سيناء وغزة شديدي اللون. هذا الخط الفاصل ينطبق على خط الحدود الذى رسم بين مصر وقلهطين المحتلة سنة ١٩٤٨ - ١٩٤٩، والنتائج عن تباين استخدام الأرض على الجانبين. وقد تبين أن التغير فى الأليبدو الناتج عن استخدام الأرض بهذا الشكل أدى إلى تغير فى درجة الحرارة بحوالى ٥ درجات مئوية. ورغم هذا فقد يكون له أثار أكثر من مجرد التغير فى درجة الحرارة. كما أتضح أن الزيادة فى الأليبدو الناتجة عن نقص فى الغطاء النباتى يسبب نشاط الإنسان قد تؤدي إلى نقص فى صافى الاشعاع الوارد، وزيادة فى التبريد الاشعاعى للهواء. وعليه، فأنا نؤكد أن الهواء يهبط ليحفظ الكوازن الحرارى بصفت حرارى ثابت ومن ثم تشتت السحب الركامية التصاعدية وما يصحبها من أمطار، والأمطار السفلية

بدورها يكون لها أثر عكسي على النباتات وتؤدي إلى شدة النقص في الغطاء النباتي. مثل هذه الاعتبارات في غاية الأهمية في حالة إزالة غابات الأمزون على نطاق واسع. وقد وضع بوتير وآخرون (Potter et al., 1975) نموذجاً على الحاسب الآلي لمعرفة الآثار المتوقعة لتغير الألبيدو في هذه المنطقة ومع ذلك فهذا الرأي مقبول عالمياً. وهنا ينبغي، على سبيل المثال، أن نأخذ في الحسبان مدى تأثير التغير النباتي على الألبيدو وعدم تجاهل تأثير النبات على التبخر - التث. ولذلك تكون المناطق المزروعة عادة أبرد عن الأرض الجرداء حيث أن كثيراً من الطاقة الشمسية الممتصة تستهلك في تبخر المياه. ويستخلص من هذا أن حماية الأرض من الرعي الجائر وإزالة الغابات من المتوقع أن يخفض درجة الحرارة ومن ثم يخفض أكثر مما يرفع الهواء المتصاعد والتساقط.

النتائج المتوقعة للتغيرات المناخية

يمكن حصر النتائج المتوقعة لظاهرة التغيرات المناخية العالمية في التغير المناخي وكل من ارتفاع مستوى البحار والزراعة العالية وصحة الإنسان، وفيما يلي دراسة تفصيلية لكل نتيجة منها على حدة.

(١) التغير المناخي وارتفاع مستوى البحار

لقد بدأت مستويات المحيطات بالارتفاع. واستنتجت الهيئة الحكومية الدولية للتغير المناخي في الأمم المتحدة بأن مستويات البحار ارتفعت طوال القرن العشرين الماضي بمعدل ١٠-٢٠ سنتيمتراً. ويتوقع أن يزداد هذا المعدل أثر استمرار تصاعد درجات الحرارة العالمية، ونتيجة لامتداد المحيطات بسبب الحرارة. ويتوقع أن تكون مستويات البحار بحلول العام ٢١٠٠ في حدود ٦٥ سنتيمتراً أعلى مما كانت عليه في بداية القرن الحالي (القرن الحادي والعشرين).

وستتفاقم الآثار المترتبة على ارتفاع مستويات البحار بشكل خاص بسبب الزيادة المتوقعة في عنف وتواتر العواصف التي ستدفع بالأعماق إلى أراضٍ داخلية إضافية مهددة السكان والممتلكات التي كان يمكنها أن تكون في مأمن من مشكلة ارتفاع المحيطات. وحين ترتفع المحيطات، ما لم يتم بناء حواجز وأسوار حماية بأهظة التكلفة، فإن المياه ستغمر منشآت الموانئ، وستعطل نظم صرف المياه كما يستلزم إعادة تصميم منشآت الطاقة والجسور والعديد من الاستثمارات على الأراضي المنخفضة. وستتجه المياه المالحة عشرات الكيلومترات داخل الأنهار، كما ستلوث أيضاً إمدادات المياه الجوفية الساحلية، وسختفي كذلك مناطق واسعة من الأراضي الزراعية المنخفضة أو

أنها ستصبح أراضٍ بوار بسبب مياه البحر الدخيلة. وستختفى أيضاً عشرات الملايين من الأفدنة من المستنقعات الساحلية المالحة. هذه المستنقعات تلعب دوراً حيوياً فى امتصاص طاقة العواصف ونحصى الأراضى الداخلية. وهى تشكل موقع نكاثر حيوى للعديد من أنواع الأسماك والطيور.

ودون اتخاذ اجراءات حماية باهظة التكلفة فإنه يحتمل أن يتشرد الملايين من البشر فى بنجلاديش فيما تفقد دول كمصر والصين والهند قطاعات واسعة ومهمة من الأراضى الزراعية. أن ارتفاع معدل متر واحد فى مستوى البحار يمكنه تشريد ما بين ٤٠ و ٨٠ مليون شخص فى بنجلاديش على سبيل المثال، وتحطيم سهول الصين المنخفضة الأربع والأخصب. وتبدو الدول النامية التى أسهمت فى الجزء اليسير من زيادة غازات الاحترار، بأنها ستعانى من الآثار الأسوأ. ويعتقد أنه بحلول نهاية هذا القرن الحادى والعشرين، ستتمزق الأسواج ما يقارب الثلاثمائة جزيرة مرجانية تقع فى المحيط الهادئ. وقد نبه فريق العمل الخاص بدراسة آثار الاحترار والتابع للهيئة الحكومية الدولية للتغيير المناخى فى الأمم المتحدة بأن الجزر المرجانية هى الأكثر تعرضاً لمخاطر التغيير المناخى. وفى حالة تجاوز نسبة ارتفاع مستوى البحار، معدل نمو المرجان الاقوى يستلزم واحد سنوياً، فإن الفيضانات والتعرية ستدمر هذه الجزر. ورغم وجود حلول هندسية لتأخير التعرية والحماية ضد أضرار العواصف التى تضرب السواحل القارية فإنه لا يمكن حماية الجزر المرجانية بشكل فعال. وحتى فى المناطق الساحلية القارية فإن العديد من الدول النامية ستجد نفسها وبكل تأكيد غير قادرة على دفع تكاليف بناء الهياكل الهندسية الضرورية للوقاية ضد العواصف العنيفة المتزايدة ومستويات البحار المستمرة فى الارتفاع. وعندما ستكون عملية حماية المدن الكبيرة والاستثمارات فعالة من حيث التكلفة بالنسبة للدول الغنية فإن دول مثل بنجلاديش ومصر والصين قد تجد اقتصادها غير قادر على تحمل تكاليف الحماية هذه. ولكن هناك اجراءات يمكنها التقليل من حدة تأثيرات ارتفاع مستوى البحر. وتشمل هذه الاجراءات تصميم وقائية لكبح الفيضانات. كما يمكن انشاء نظم فعالة لصرف المياه، لدفع مياه الفيضانات إلى العودة من حيث جاءت وبسرعة وامكانية تحسين جذرى لنظم الانذار المبكر لتنبيه السكان الأكثر عرضة للخطر من اقتراب حدوث العواصف أو الفيضانات والحد من الضحايا وفقدان الممتلكات.

ومن التوصيات فى هذا الشأن الموجهة إلى جميع الدول المتأخمة للبحر بتعزيز الحطط التابعة لها والخاصة باستخدام الأراضى وتحديد المناطق الساحلية المعرضة للخطر. ونظراً لأن العديد من الدول تنقصها الخبرة التقنية الضرورية للقيام بهذه

المهمة، فقد اقترحت الهيئة الحكومية الدولية للتغير المناخي في الأمم المتحدة بأن تستفيد الدول التي لها مشاكل مماثلة جمع الخبرة والمعرفة المشتركين، واتخاذ خطوات قانونية وإدارية، كتحريم استخراج الغاز والنفط والمياه من المناطق المعرضة للانهايارات، والحد من التطور الحضري في المناطق المعرضة للخطر، وتحريم الصناعات التي قد تنجم عنها مشاكل وخاصة تلك التي تؤدي لمخاطر التلوث بسبب تواجدها على مقربة من المناطق الساحلية. كما أن توعية وإطلاع السكان المعرضين بشكل مباشر لآثار ارتفاع مستويات البحار أو العواصف المستمرة الأسوأ يعدان جزءاً حاسماً من هذه المعادلة. ففي المناطق المعرضة لهذه الأخطار كأراضي دلتا الأنهار في بنجلاديش ومصر، سيتشرد الملايين من البشر حتى في حالة اتخاذ بعض إجراءات الحماية. إذ أن إعادة إسكان المواطنين بدون مصاعب، تتطلب ن جديد توعية المتضررين وتنظيمهم اجتماعياً بشكل جيد.

(٢) التغير المناخي والزراعة العالمية

من المتوقع أن يؤدي التغير المناخي على المستوى القارى إلى إيقاع فوضى في أنماط إنتاج الغذاء وربما أيضاً في أسعار الغذاء. وحين ترتفع درجات الحرارة وتتغير أنماط الجو فإن أنماط كميات الأمطار ستتبدل وأن العديد من امدادات المياه ستتقلص بصورة كبيرة وسيصبح العديد من مناطق الأرض جافة أو قاحلة بشكل لا يساعد على زراعة المحاصيل فيما ستشهد مناطق أخرى زيادة كبيرة في امكانياتها الانتاجية.

ومن المتوقع أن تزداد نسبة كميات الأمطار السنوية عالمياً مع زيادة درجة حرارة الأرض إلا أن ذلك سوف لن يحدث في جميع المناطق. وفي بعض المناطق في العالم قد تنخفض كميات الأمطار بنسبة ٢٠ ٪. إضافة إلى ذلك فإن العديد من المناطق التي تحظى بحصص كبيرة من الأمطار ستشهد أمطاراً غزيرة ثقيلة تمتد لفترات قصيرة من كل عام، مما يقلص من فترات فصول زرع الحبوب ويقاقم مشاكل الفيضانات والتهرية.

ورغم استمرار وجود العديد من الأمور غير المؤكدة بخصوص التأثيرات الإقليمية للتغير المناخي على الزراعة فإنه يحتمل أن يعاني معظم منتجي الحبوب في العالم من نقص كبير في الانتاج. وربما تنخفض المحاصيل الزراعية ويتقلص انتاج المواشى بصورة أكثر قسوة في جنوب أوروبا والولايات المتحدة وأمريكا الوسطى وأجزاء من أمريكا الجنوبية وإفريقيا وجنوب شرق آسيا. وفي المناطق الاستوائية الرطبة التي تنتج الكثير من محاصيل الأرز العالمية، يحتمل أن تتصاعد حدة الرياح الموسمية في جنوب شرقي آسيا مؤدية إلى سقوط أمطار غزيرة في الصيف وأمطار أقل في الخريف.

وتتوقف معظم الأمور على كميات الأمطار المقبلة فى هذه المناطق ولكن البحوث تشير إلى أن المناطق غير البعيدة عن خط الاستواء والمناطق الواقعة فى وسط القارات فى العالم من ضمنها السهول العظمى ومروج أمريكا الشمالية والمناطق الحالية المنتجة للحبوب فى وسط آسيا، ستشهد كميات أقل من الرطب - الضرورية لنمو النباتات. وتشير الأبحاث أيضا إلى وجود احتمالات كبيرة لانخفاض انتاج المحاصيل الزراعية بشكل ملحوظ فى مناطق غربي استراليا وفى السهول المنخفضة الأطراف فى الأرجنتين وأفريقيا الجنوبية وفى المناطق الجبلية فى جنوب غربي آسيا وفى شبه القارة الهندية وأجزاء من الأراضي والجزر فى جنوب شرقى آسيا.

وسيتقلص فقدان الإنتاجية فى الدول الرئيسية المنتجة للغذاء بشكل ملحوظ كميات الغذاء المتوفرة فى الأسواق العالمية ما لم تنتج مناطق أخرى الغذاء الضرورى للاستهلاك العالمى. ويعتمد العالم فى الوقت الحاضر على صادرات ثلاث دول أو ما يشكل ٧٥٪ من جميع صادرات الحبوب، ويتوقع أن تعاني هذه الدول - وهى الولايات المتحدة وفرنسا وكندا انخفاضات ملحوظة فى انتاج الغذاء جراء ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض كميات الأمطار وحفاف التربة.

ونستطيع مواجهة هذا النقص فى انتاج الغذاء فى المناطق البعيدة عن خط الاستواء وخاصة فى النصف الشمالى من كوكب الأرض. إذ أن درجات الحرارة فى المناطق البعيدة عن خط الاستواء ستترفع بشكل أكبر بكثير من المعدل العالمى المتوقع. وحين يرتفع معدل درجة الحرارة العالمية بـ ١.٥ درجة مئوية فإن درجة الحرارة فى المناطق البعيدة عن خط الاستواء ستصل إلى ٩ درجات مئوية ما يسمح باستخدام الأراضي التى لم يمكن زراعتها فى الماضى بسبب برودة الطقس. وإضافة إلى ذلك فعندما نتوقع انخفاضاً فى كميات الأمطار فى العديد من المناطق الواقعة جنوب خط الاستواء فإن ذلك قد يكون أقل احتمالا فى شمال أوروبا وربما فى شمال آسيا. ومن هنا ستمكن درجات الحرارة المرتفعة والأمطار المناسبة الزراعة من الاتساع شمالا فى المستقبل. إلا أننا لسنا متأكدين على الإطلاق من أن ارتفاع الانتاج فى الشمال سيتزامن وبشكل متقن وانخفاض الإنتاجية جنوبا كما أننا لسنا متأكدين عما إذا كانت كميات الانتاج المرتفعة فى المناطق الشمالية من خط الاستواء ستعادل الخسارة التى لحقت فى إنتاجية المناطق المصدرة للحبوب والواقعة فى المناطق غير البعيدة عن خط الاستواء.

ومن الممكن التقليل من خسائر الانتاج من خلال عوامل الأخصاب الناجمة عن الكميات الإضافية لثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى. ومن المعروف أنه عندما تزداد كميات ثانى أكسيد الكربون فى الهواء فإن معدلات نمو النباتات تزداد. إلا أن

آخر الأبحاث تشير إلى أن هذه الزيادة في المحاصيل، ستدوم لعدة فصول فقط. وبعد ذلك فإن النباتات سترجع إلى التكيف مع كميات ثاني أكسيد الكربون الإضافية في الجو وستخفض معدلات نموها وتصبح كالمعدلات الحالية. وإضافة إلى ذلك فإن حرارة أكبر ستعنى زيادة في المعدل الذي تمتص فيه النباتات الرطوبة من التربة، وأننى سيخفض بشكل جوهري كميات رطوبة الأرض الضرورية للمحاصيل والنباتات. وستؤثر معدلات تبخر عالية، ورطوبة أقل بشكل مأسوى على المحاصيل الزراعية العالمية. ويعتقد أن هبوطاً بمعدل ١٠ ٪ فى كميات الأمطار مضافاً إلى ارتفاع درجة الحرارة بنسبة ١ درجة مئوية سيؤدى إلى تخفيض ٥٠ ٪ من رطوبة التربة الضرورية للنباتات.

وستساهم الأنواع المتزايدة للحشرات الضارة وتضاعف أمراض النباتات فى عالم أكثر حرارة فى انخفاض المحاصيل الزراعية. وستعزز الحرارة المرتفعة والرطوبة، ظروف تكاثر الحشرات الضارة والحشرات الناقلة للأمراض، فيما ستساعد درجات الحرارة المرتفعة، الحشرات الناقلة للجراثيم بالتنقل إلى مناطق لا تستطيع حالياً البقاء على قيد الحياة فيها بسبب شدة برودة ظروفها المناخية.

وحين يتغير المناخ وتغير معه أنماط الإنتاج الزراعى فإنه ينبغي على التقنيات الزراعية أن تكون أكثر مرونة. إذ ينبغي على المزارعين التعداد على تغيير تقنيات إدارة محاصيلهم الزراعية ومواسيهم كل عقد أو نحو ذلك وعليهم أيضاً التكيف فى العديد من أنحاء العالم والعواصف والفيضانات وفترات الجفاف المستمرة والمتزايدة. وبالطبع فإنه سيتم تطوير تقنيات جديدة وابتكارات إدارية. وبالنسبة لمزارعى العالم الصناعى، حيث يتكيف العديد منهم على تغيير ممارساتهم لاستخدام الطرق الأفضل، فإن التحول سيكون دون صعوبة نسبياً. أما بالنسبة للمزارعين فى الدول النامية وخاصة الذى يعملون فى أراض زراعية هامشية، فإن التكيف والمرونة قد لا يكونان من الأمور السهلة المئال. وفى هذه الدول، حتى التغييرات الطفيفة فى المناخ وفى كميات الأمطار تستطيع تدمير معظم محاصيلهم الزراعية. وأن هذه الدول هى آخر من يمكنه القيام بالتغييرات التقنية والإدارية الضرورية للاستمرار فى إنتاج الغذاء فى مناخ متغير.

(٢) التغيير المناخى وصحة الإنسان

قد يؤثر التغيير المناخى سلباً على صحة الإنسان من خلال القاء الفوضى فى إمدادات الغذاء والمياه العذبة، وتشريد الملايين من البشر، وتغيير أنماط الأمراض بشكل خطير وغير متوقع. وقد أشارت الأبحاث والدراسات مؤخراً إلى صحة الإنسان يمكن أن تتأثر حتى بالتغييرات الطفيفة فى متوسط ومعدل درجات الحرارة، وهناك احتمال

تساعد انتشار بعض الأمراض الرئيسية في ظروف درجات حرارة أكبر، و ظهور ميكروبات عدوى ذات مقاومة أكبر. وسيكون السكان في الدول النامية هم الأكثر تعرضاً للآثار السلبية للاحتباس الحراري العالمي الناجم عن الاحتباس الحراري، خاصة الدول من المجموعات ذات الدخل المنخفض. ومن سكان الأراضي الساحلية المنخفضة والجزر والذين يقطنون المروج شبه القاحلة والفقراء الحضريين في المستوطنات العشوائية ومدن الأكواخ والصفائح حول المدن الكبرى.

وتقوم الاستراتيجيات الحالية للمناعة المتعلقة بمكافحة الحشرات والجراثيم الناقلة للأمراض، ان كان ذلك بتزويد المياه الصالحة للشرب أو تحسين الغذاء، على نظم المناخ والنظم الأيكولوجية ومستويات البحار والاشعاعات الشمسية الحالية. ويتوقع أن تتغير كل هذه النظم الآن لا تعرف بالضبط مستوى هذا التغير. إلا أنه غير ممكن عملياً، تكيف استراتيجيات الصحة والتغذية مع التغيرات المناخية المحتملة. ويستطيع الإنسان التكيف على التغيرات المعتدلة في درجات الحرارة وعلى درجات قصوى بين الحين والآخر. إلا أن إمكانية التكيف هذه ضعيفة نسبياً في عداد الأطفال والشيوخ، هذه الإمكانيات تصل ذروتها خلال الطفولة والمراهقة ويمكن الاحتفاظ بها حتى بلوغ الثلاثين. و جالياً تفوق درجة الحرارة في واشنطن مثلاً ٣٨ درجة مئوية كمعدل يوم واحد بالسنة ولكنها تتجاوز الـ ٣٢ درجة مئوية في حوالي ٣٥ يوم كل عام. ولكن بحلول منتصف القرن الحالي، الحادي والعشرين، فإنه يحتمل أن ترتفع هذه الأرقام إلى ١٢ و ٣٥ يوماً كل عام، وفق تقديرات المنظمة العالمية للأرصاد الجوية. وأنه من الصعب التكهن حول التأثيرات الناجمة عن ارتفاعات كهذه في درجة الحرارة على صحة الإنسان في واشنطن أو في مدن مماثلة في جميع أرجاء العالم، ولكنه من الأكيد أن تؤدي منغوطات الحرارة المتزايدة في المناطق الحضرية إلى العديد من الضحايا.

وسؤدي المناخ المتغير إلى تبديل النظم الأيكولوجية الخاصة بالحشرات والعوامل التي تنقل أو تسبب العديد من الأمراض ان كانت فيروسات أو بكتيريا أو طفيليات أو نباتات أو حشرات أو حيوانات أخرى (كالبعوض). وحين تزداد درجة حرارة الجو فإن حدود المناطق الاستوائية قد تمتد إلى المناطق الحالية الواقعة جنوب خط الإستواء فيما يمكن ان تصبح أجزاء من المناطق المعتدلة مناطق جنوب استوائية. وحين تزداد درجة حرارة الهواء فإن الأمراض ستنتشر في مناطق لم تعرف فيها من قبل. ويحتمل ان تزداد نسب الوفيات بصورة كبيرة. كما ستنتشر الأمراض البكتريولوجية والفيروسية والطفيلية السائدة في الظروف الاستوائية.

سكان آسيا فأن إيقاع الفوضى في النظم الأيكولوجية البحرية سيؤثر على امدادات غذاء الملايين من البشر وسيزيد من نقص البروتين وسوء التغذية بشكل مأساوى.

ان بعض العوامل التى تساهم بشكل كبير فى الاحترار العالمى كحرق الوقود الحفري واستخدام الكلورو فلورو كربون يهدد صحة الإنسان بطريقتين أيضاً. فنجد أن سيارة عادية تستهلك البنترول على سبيل المثال، تطلق غازات وأكسيد الكربون الأحادى والكبريت وأكسيد النيتروجين والهيدروكربونات والأوزون بمستويات منخفضة والخصائص وهى جميعها غازات خطيرة على صحة الإنسان. أما غازات الفلوروكلورو كربون التى تستنزف الأوزون فمن ناحيتها، تعرض الإنسان إلى مخاطر متزايدة لمرطبان الجلد واعتماد العين والتقليل من المناعة ضد الأمراض الأخرى كنتيجة للتعرض المتزايد للإشعاعات فوق البنفسجية التى تنصدر عن الشمس.

وأخيراً يمكن للتغيرات التى تحدث فى توفير الغذاء والماء إضافة إلى التغيرات الراديكالية فى أنماط الأمراض ان تدفع السكان إلى الهجرة بموجات كبيرة، مما يؤدى إلى الاكتظاظ والازدحام وما ينتج عنها من المشاكل الاجتماعية وعدم الاستقرار التى كلها مجتمعة تستطع افساد صحة الإنسان.

وهي النهاية، تجدر الإشارة إلى أنه لا يوجد حتى الآن تفسير كامل ومقبول للتغير المناخى، كذلك من الواضح أن أية عملية واحدة تعمل بمفردها لا يمكن أن تكون تفسيراً للتغير المناخى بكل مقاييسه. ولهذا فقد يكون من الأجدر تطابق أو جمع هذه العمليات. ومثال ذلك نظرية فلينت (Flint 1971) Solar-topographic التى تقوم أساساً على الاختلافات فى شدة الإشعاع الشمسى وبناء الجبال. وأكثر من هذا، فقد تتواجد حلقات التغذية الاسترجاعية وهناك بعض الافتراضات التى تبدو مقبولة لشرح الاختلاف على فترة زمنية طويلة (مثال ذلك فرضية كروى - ميلانوكوفيتش - Croll - Milankovitch الذى يمكن تطبيقها على الدورات الجليدية وغير الجليدية) بينما افتراضات أخرى تبدو أكثر قبولاً للتذبذبات قصيرة المي (التغيرات فى البقع الشمسية قد تكون افتراضاً مناسباً على مقياس عقد أو أكثر). وهناك مشكلتان أساسيتان أخريتان: الأولى أنه لفحص فرض معين نحتاج إلى معرفة دقيقة للنمط المضبوط وتواريخ التذبذبات السابقة وهذا نادر، المشكلة الثانية: أننا نتعامل مع مجموعة من النظم المتشابهة شديدة التعقيد، وهى النظام الشمسى، الغلاف الجوى، المحيطات، واليابس. ولذا فمن غير المحتمل، أن أى افتراض أو نموذج للتغيرات المناخية سيكون على مستوى جيد من التطبيق. وإذا أخذنا كل هذا فى الحسبان يتضح أنه من غير الممكن فى ظروف المعرفة الحالية أن نتكهن تكهناتاً جديراً بالثقة عن تطورات المناخ فى

المستقبل. وقد تقدم الكثيرون بتوقعات فى السنوات الأخيرة ولكنهم نادراً ما يتشابهون فى الكثير من توقعاتهم مع بعضهم البعض. فقد افترض كالدر Calder وآخرون (١٩٧٤) أننا الآن على شفى عصر جليدى جديد والذي سيصل على حين غرة، وأشار وينستانلى Winstanly وآخرون (١٩٧٣) أن المناطق الموسمية ستتحج تدريجياً نحو الجفاف لعدة عقود بينما يرى آخرون أنه نظراً لنشاطات الإنسان فيحتمل زيادة درجة الحرارة بشدة، ربما إلى مستوى أدفاً من ألف سنة ببداب. العقد الأول من القرن الحادى والعشرين (Broecker, 1975).

وقد حاول بعض الباحثين التكهن بذلك على أساس وجود الدورات المتصلة بالنشاط الشمسى أو ظاهرات أخرى، وقد أمكن التعرف على عدد كبير من الدورات. وأنه لمن المفيد أن نتذكر، أن مثل هذه الدورات قد نوقشت لزمان طويل: فقد أوضح سير فرانسيس بيكون Sir Francis Bacon أن هناك دورات مناخية كل ٣٥ سنة منذ ٣ قرون ونصف مضت. ومن المحتمل أن هيلنجتون Eilsworth Huntington كان على صواب عندما كتب فى Mainsporings of Civilization (1945)، أنها ستكون منحة كبيرة للإنسانية عندما نتعلم التوقع بالتواريخ الدقيقة لوصول الدورات المختلفة الأنواع إلى مراحل محدودة. وقد يكون هذا سهلاً إذا كان هناك دورات قليلة، أو إذا كل منها منتظمة فى الطول والشدة، أو أن أية دورة تؤدي إلى تأخير التأثيرات أو تتداخل مع الأخرى، أو أن الدورات تتطور بالتساوى فى كل أنحاء كوكب الأرض. والجدير بالذكر أن أى من هذه الشروط غير موجود.

والحذر مرغوب، وذلك ما أكد عليه ماسون Mason (١٩٧٦) فى مراجعته للتساؤل عن التوقع عن التغير المناخى «أن التحذير من عصر جليدى وشيك ومن كوارث ضخمة يقوم على أساس ضعيف وعلى غير إحساس بالمسؤولية». فالجفاف الحديث فى أفريقيا وفيضانات الباكستان والعواصف المدارية فى استراليا، كلها حدثت بشكل مماثل فى الماضى ولا يقتضى ضمناً أن النمط العالمى المناخى سيشهد تغيراً أساسياً دائماً، وثمة تقييم أكثر واقعية وأقل إثارة هو أن هذه التذبذبات المناخية ستعود بنفس الأهمية والتكرارية والاختلاف كما فى القرون الحديثة، منصبة على اتجاهات طويلة الأمد لا يمكن التوقع بدقة ببدايتها وانعكاسها.

وهناك تقدير واقعى مشابه تقدم به لاندسبرج Landsberg (١٩٧٦) فى مجال عرض لكتابين حديثين ذائعين، أحدهما يقترح حدوث برد شديد وشيك والآخر وشوك حدوث دفاء محتم، يقول «إذا كنت تظن أنك تستطيع استقراء المناخ فانتظر لفترة وتطم».

نصيب مصر من التغيرات التي سيستقر عليها شكل المناخ في المستقبل

تؤكد المؤشرات أن التغيرات التي سيشهدها مناخ مصر ستكون إيجابية حيث تبشر الدراسات بزيادة متوسطة كمية الأمطار وزيادة السيول. وهذه الزيادة في كمية الأمطار تبشر بتحسين الجو وتنقية الهواء، كما أن مياه السيول ستساهم في استزراع الصحراء وزيادة الرقعة الزراعية. وهذه المؤشرات ليست إلا الوجه الآخر لمشكلة التغيرات المناخية التي يعتقد أن آثارها السلبية تفوق هذه المؤشرات الإيجابية.

وكما سبق أن ذكرنا أنه ينطلق إلى الغلاف الجوي غاز ثاني أكسيد الكربون بمعدلات كبيرة كنتيجة لعوامل طبيعية ولكن المنبعث من ذلك الغاز بفعل الطبيعة تمتصه عوامل طبيعية. كالأشجار والنباتات، وذلك يتحقق التوازن البيئي على المدى الطويل، غير أن النشاط البشري يطلق أيضاً كميات متزايدة من ذلك الغاز مما يؤدي إلى زيادة تركيزه في الغلاف الجوي محدثاً ما عرفناه بظاهرة البيت الزجاجي Green house، أو الاحتباس الحراري وهو ما يؤدي بدوره إلى ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي المحيط بكوكب الأرض. ومن هنا اتجه العلماء إلى الربط بين ما ينبعث من تلك الغازات نتيجة للنشاط البشري وبين هذه الظواهر التي تهدد نوعية الحياة على كوكب الأرض.

وفي مصر يعد إحلال الغاز الطبيعي محل السوائل البترولية أحد العوامل المساعدة على تخفيف حدة التلوث الجوي، نظراً لصالته ما يحتويه الغاز من الكربون. قد ارتفع استهلاك مصر من الوقود الحفري خلال الربع الأخير من القرن العشرين الماضي من نحو ٧.٥ مليون طن بترول (منها كمية من الغاز لا تذكر) إلى نحو ٤٠ مليون طن (منها ١٦ مليون طن غاز) عام ٢٠٠٠، وهو ما يعادل ٥.٣ أمثال ما كان عليه عام ١٩٧٥. هذا على حين ارتفعت المنبعثات الكربونية المرتبطة بهذا الاستهلاك خلال الفترة المذكورة من نحو ٢٦ مليون طن ثاني أكسيد الكربون إلى نحو ١٠٩ ملايين طن، وهو ما يعادل ٤ أمثال ما كانت عليه عام ١٩٧٥. ومع أن هذا التطور يحمل شيئاً من الإيجابية نتيجة لارتفاع معدل إحلال الغاز الطبيعي الأقل تلويثاً محل المنتجات البترولية السائلة، فإن الجانب السلبي في هذا التطور يتمثل في الارتفاع المضطرب في المنبعثات الكربونية التي شهدت هذا النمو السريع، وهي ظاهرة ينبغي أن تحظى بأكثر قدر من الاهتمام والعمل على تخفيف تلك المنبعثات.

وبصرف النظر عما يثار من خلافات علمية حول تفسير ظاهرة الاحتباس الحراري، فإنه مما لا شك فيه أن الأفضل لمصر أن تعجل كل الجهد لترشيد ورفع

كفاءة ما يستهلك من الوقود. فالمؤكد أن تحسين كفاءة الوقود ينتج عنه الكثير من المكاسب، إذ يساعد من ناحية على خفض ما ينطلق للتلّاف الجوى من المنبعثات الملوثة، ومن ثم يعود بالنفع على صحة الإنسان والحيوان والنبات. ومن ناحية ثانية فإنه يقلص حجم الفاتورة التي نتحملها نتيجة لانخفاض ما يستهلك من الوقود، وبالتالي تقلص حجم الدعم الذي تقدمه الدولة في أسعار الوقود. ومن ناحية ثالثة فإنه يساعد على تحقيق وفر في نصيب مصر من إنتاج البترول والغاز، مما يمكن تصديره أو الاحتفاظ به لمواجهة احتياجات الأجيال المقبلة، وبصفة خاصة الغاز الطبيعي الذي ترجح اقتصادياته أفضلية إحلاله محل الوقود السائل والاحتفاظ بأكبر قدر منه لمواجهة احتياجات الأجيال المقبلة.

ونظراً لاهتمام العلماء بدالات الأنهار حيث أنها تمثل المواقع الرئيسية بالقارات التي تحتوي على كميات ومخزون من النفط والغاز، كما أن سواحلها المطلة على البحار تعد ترمومتراً لقياس مدى ارتفاع وانخفاض الأرض، ومن ثم معرفة طغيان مياه البحار فوق سطح الأرض أو ارتفاع الأرض بالنسبة للبحر.. وحديثاً نالت الدلتا النيل في مصر الكثير من الشهرة العلمية ووضعت على خريطة البحث العلمي كأهم موقع على كوكب الأرض كنموذج مثالي للتغيرات المناخية والظواهر الطبيعية. فعلى سبيل المثال، أثبتت الدراسات عن قاع البحر المتوسط وجود دلتا مقلوبة داخل البحر امتداداً لدلتا النيل تقع قاعدة هذه الدلتا في الجنوب بينما رأس مثلث الدلتا شمالاً في داخل البحر. كما أجريت دراسة تفصيلية على المنطقة الواقعة على ساحل البحر المتوسط بين شرق بورسعيد وحتى غرب الإسكندرية (أبراضى، ١٩٨٨) والتي انتهت إلى الاعتقاد بأن دلتا النيل بوضعها الحالي قد تكونت من رواسب يرجع عمرها منذ ما يتراوح بين سبعة آلاف وسبعة آلاف وخمسمائة سنة، وإن كانت الطبقات السفلى قد تكونت منذ ما يقرب من عشرين مليون سنة وهي تحت البحر. ومن نتائج الدراسات التي تعرضت لدلتا النيل أخيراً أن الجزء الشمالي من الدلتا ينخفض بمعدل يتراوح بين ٠.٠٤ و ٠.٠٥ من السنتيمتر في العام الواحد، كما أن الدلتا تميل إلى الشمال الشرقي تدريجياً خلال فترة السبعة آلاف سنة الأخيرة، ويزايد سمك رواسب الدلتا من الغرب إلى الشرق مع ميل في هذا الاتجاه بمعدل يتراوح بين ٠.١ و ٠.٥ سنتيمتراً في السنة الواحدة. ويرجع ذلك الاختلاف في تغير الرواسب في مناطق عنها في مناطق مجاورة مما يسبب ثقلاً على أجزاء عن أجزاء أخرى يتأثر ذلك المنهج بارتفاع مستوى البحر تدريجياً حيث قدر العلماء بأن سطح البحر ارتفع ١٥ متراً خلال السبعة آلاف سنة الأخيرة نظراً لذنوبان الجليد في المناطق القطبية، ومن ثم زيادة مياه البحار والمحيطات، وقد تغير المناخ

تبعاً لذلك فى منطقة جنوب البحر المتوسط من مناخ مطير من اثنى عشر ألف وخمسمائة عام إلى مناخ جاف منذ حوالى أربعة آلاف عام، وأدى ذلك بالضرورة إلى تقليل حمولة نهر النيل -- قبل بناء السد العالى -- من رواسب الهضبة الأثيوبية. وكذلك زيادة التيارات المائية من الغرب، إلى الشرق. العامل الأخير أدى إلى تآكل شواطئ الدلتا ناحية الشرق وتكون أرصفة شاطئية من الصخور، نجيرية ناحية الغرب يقع بينها بحيرات ملحية. وتؤدى هذه العوامل الطبيعية بالإضافة إلى نشاط الإنسان من تجفيف الأرض وإقامة مصدات وحواجز على ساحل الدلتا إلى تغيير شكل الدلتا، وأدى بناء السد العالى الذى منع رواسب فيضية يحملها النهر ليرسيها فى المصب عند دلتاه مما زاد من عملية التآكل والتأخر. ويعتقد أن مياه البحر قد تغمر حوالى ٣٠ كيلومتراً داخل الدلتا من ناحيتها الشرقية بحلول عام ٢١٠٠، وقد يؤثر ذلك على الزراعة فى الدلتا.

ومن مظاهر التغير المناخى فى مصر ما أظهرته الحفائر التى أجريت فى منطقة التينة غرب أسوان بحوالى ٢٠٠ كيلومتراً أن الجفاف عم الصحراء الغربية منذ أربعة آلاف عام فقد كانت هذه الصحراء قبل ذلك عامرة بالحياة النباتية والشجرية والبحيرات والإنسان حيث بدأت الحضارة المصرية منشأها فى الصحراء الغربية، ثم انتقل الإنسان المصرى إلى الوادى ودلتاه عندما استقر النيل فى مجراه مكوناً دلتا عظيمة. ونظراً لار البحر الأحمر يتسع عاماً بعد عام حيث توجد الهزات المستمرة ليصبح بعد ذلك كما يعرفه العلماء باسم المحيط القادم، وهبوط الدلتا ناحية الشرق وارتفاعها فى الغرب لتزحزح القارة الأفريقية إلى جنوب أوروبا قد يكون هو السبب فى هبوط الدلتا ناحية الشرق واحتمال دخول مياه البحر المتوسط منها إلى الدلتا.

أما تداخل المناخ فيعبر عنه بدورات مناخية طبيعية تحدث على كوكب الأرض منها دورة كبيرة على مدى مئات الملايين من السنين وهى انتهاء عصر أو حقبة زمنية لبداية حقبة زمنية أخرى مغايرة. ونحن نعد مصر بظواهرها الطبيعية نموذجاً مثالياً للتغيرات المناخية الحديثة. وقد وضعت مصر على خريطة العالم العلمية فى الدراسة من حيث التغيرات المناخية وبداية الحضارة الإنسانية وتطورها. فقد وجدت فى حفريات الأشجار القديمة التى ترجع إلى أكثر من ٣٠٠ سنة أن هناك دورات مناخية تكثر فيها الأمطار فتكون حلقات سمكية داخل الساق عددها ١٥٠ حلقة تتلوها حلقات ضيقة عددها أيضاً ١٥٠ حلقة من ذلك استطاع العلماء أن يتأكدوا من أن الدورات المناخية الصغيرة حدثت فى كل ١٥٠ سنة حيث تمثل كل حلقة سنة واحدة من عمر الشجرة. ويعتقد الباحثون أنها دورات مناخية داخل دورة أخرى أوسع ثم هناك دورات مناخية محلية، أى فى منطقة أخرى حيث ترتفع درجة الحرارة نتيجة البراكين أو

الفرحح القارى أو تدخل الإنسان مثل قطع الأشجار، ولكن هناك دورات مناخية أخرى طبيعية تشكل كوكب الأرض :

وفى دراسة مستفيضة قام بها أكبر علماء البيئة فى العالم توصلا إلى نموذج لما يمكن أن يحدث فى المستقبل على أساس تصورات (سيناريوهات) ثلاث :

التصور الأول : أو ما أسموه بالسيناريو رقم ١ ، ويعتمد على استمرار الحال كما هو عليه .. أى يستمر العالم بنفس الأسلوب فى أنشطته الصناعية التدميرية وعلى نفس المستوى والقدر .. **والتصور الثانى** أو السيناريو رقم ٢ على أساس إمكانية التحكم فى العملية الصناعية إما بتقليل الأنشطة الاقتصادية أو بالجوء إلى ما يسمى بالعملية الصناعية النظيفة التى لا تخلف من ورائها أى ملوثات ضارة .. **والتصور الثالث** أو السيناريو رقم ٣ وهو إذا ما استمر ازدياد وازدهار التقدم الصناعى المتوقع حدوثه مع الزيادة المضطردة والمتواصلة فى عدد سكان هذا العالم والمحتمل أن يصل إلى أكبر من ستة بلايين نسمة فى نهاية العقد الحالى . وبحسب السيناريو رقم ١ وبفرض استمرار النشاط الصناعى دون زيادة أوت نقصان وعدم أخذ الزيادة السكانية فى الاعتبار، وجد العلماء أنه بحلول عام ٢٠٣٠ سترتفع درجة الحرارة درجتين مئويتين وقد تصل إلى ٤.٢ درجة مئوية فى نهاية القرن الحالى (القرن الحادى والعشرين) . وأعراض نتيجة ارتفاع درجات الحرارة هذه كثيرة أهمها وأشدّها خطورة هو انصهار الجليد فى مناطق تراكمه على الأرض هذا بالإضافة إلى ظاهرة التمدد الحرارى لمياه المحيطات ستسبب فى زيادة حجم مياه المحيطات والبحار وبالتالي سيعلو منسوب سطح هذه المياه .. وتشير الدراسة أنه بحلول عام ٢٠٣٠ - بحسب هذا السيناريو - سترتفع منسوب سطح البحار حوالى ١٨ سنتيمتراً عما كان عليه فى عام ١٩٩٠ وقد يصل فى بعض المناطق إلى حوالى ٢٩ سنتيمتراً - تختلف التقديرات بحسب اختلاف التراكيب الجيولوجية وطبيعة الأرضى المتاخمة للشواطئ . وبنهاية القرن الحادى والعشرون يقدر ارتفاع سطح البحر فى بعض المناطق بحوالى ١١٠ سنتيمتراً .. معنى هذا أن هناك أراضٍ متاخمة للشواطئ ستعرض لخط الغمر والتآكل وتزايد حركات المد والجزر .. كما ستختلف عمليات الترسيب وستتداخل المياه المالحة فى المياه العذبة فى مناطق مصب كل نهر وبالنسبة للمياه الجوفية أيضاً . هذا بالإضافة إلى تدمير بعض المنشآت الحضرية على الشواطئ مما سيتسبب فى تهجير وتشريد سكانها (وهذا وهناك إحصاءات تشير إلى أن حوالى ٦٠ ٪ من سكان العالم يعيشون على أو بالقرب من المناطق الشاطئية) .

وبحسب السيناريو رقم ٢ أى بالتحكم فى المخلفات الصناعية وتقليل نسبة تصاعد

الغازات المتسببة في تغير المناخ، فإن ارتفاع منسوب سطح البحار وإن كان ينخفض إلى حوالى نصف هذا التصور، إلا أنه سيستمر وأن نفس الآثار ستحدث لكن في حوالى ضعف هذا الوقت.. ويمكننا أن نتصور الحال بحسب السيناريو رقم ٢ إذا ما أمعن الإنسان في التدخل في الطبيعة وتدمير البيئة التي يعيش فيها.

وهناك دراسة مستعجلة قامت بها منظمة الأمم لحماية البيئة وكذلك دراسات عديدة لعلماء من جنسيات مختلفة حول الآثار المترتبة على ارتفاع منسوب سطح مياه البحر المتوسط على المناطق المحيطة به، وما يهملنا بالطبع هو منطقة الدلتا والساحل الشمالى لمصر.. ولطه من حسن الحظ أن دلتا النيل محمية ببعض التكوينات الجيولوجية منها بعض الكثبان الرملية المتحجرة والتي ترتفع عن سطح البحر بارتفاعات تصل في بعض المناطق إلى حوالى ١٢ متراً حيث بنيت مدينة الإسكندرية القديمة.. والدراسة كما توضح مجموعة الخرائط فى الشكل رقم (١٢ - ٨) والتي تصور الوضع بحسب احتمالات ثلاث: أولها إذا ما ارتفع سطح البحر الأبيض حوالى ٥٠ سنتيمتراً؛ وثانيهما، إذا ما ارتفع حوالى المتر ثم الاحتمال الثالث إذا ما ارتفع منسوب السطح حوالى متر ونصف المتر.. وفي كل من هذه الاحتمالات توضح الخرائط مدى وحجم الأراضى التي ستعرض للغمر وقدّر العلماء أنه إذا ما استمر الحال والنشاط الصناعى فى العالم على ما هو عليه وارتفع منسوب البحر حوالى المتر فى نهاية القرن الحالى فستغمر أراضى شمال دلتا النيل إلى حوالى ٣٠ كيلومتراً إلى داخل البلاد.. وإذا كانت نظرتنا متفائلة، ولم يرتفع منسوب مياه البحر إلا بمقدار النصف.. أو الثلث أو الربع مما هو متوقع.. فإلى أى مسافة إلى داخل البلاد ستغمر الأراضى؟ وأى أراضى؟ وأى طرق؟ أما يجب علينا أن نقوم بدراسة المناطق المهددة من الآن حتى نمتدح المشكلة ونتدارس الحلول بتأن وروية!!

وفيما يلى موجزاً لما أوصى به العلماء بالنسبة لشاطئ مصر الشمالى ضمن دراسة جادة عن بعض المناطق المهددة فى العالم:

- ١ - إعادة تقييم خطط تنمية مناطق الإسكندرية ويورسعيد ودمياط وخاصة مناطق الموانئ وكذلك القرى السياحية والمناطق الترفيهية ومناطق التعمير عموماً على طول الشاطئ بحيث تكون فى المناطق المرتفعة وليست المنخفضة.
- ٢ - إعادة تقييم شبكات الصرف.
- ٣ - زحزحة مشاريع استصلاح الأراضى إلى داخل البلاد.

المراجعة

- المراجع العربية

- المراجع الأجنبية

المراجع

أولاً: المراجع العربية:

- أحمد إسماعيل عبد الرؤوف: زراعة الحقل، الجزء الأول، القاهرة، ١٩٤٨.
- أحمد عبد السلام: أثر العوامل المناخية في نمو وإنتاج محاصيل الخضر، مجلة الفلاحة العدد ٩، ١٠، ١٩٦٩.
- الجمعية الكيمياءية الأمريكية «مكافحة تلوث البيئة». واشنطن، ١٩٦٩. ترجمة: أنور محمود عبد الواحد، القاهرة، ١٩٧٢.
- جودة حسنين جودة: الجغرافية المناخية والحيوية، الاسكندرية، ١٩٩٦.
- حسن سيد أحمد أبو العيدين: أصول الجغرافيا المناخية، الاسكندرية، ١٩٨٨.
- سمود يوسف عياش: تكنولوجيا لاطاقة البديلة، عالم المعرفة، عدد ٢٨، فبراير، الكويت، ١٩٨١.
- شاهر جمال آغا: علم المناخ والمياه - الجزء الأول - علم المناخ، دمشق، ١٩٧٨.
- عابدة بشارة: الوطن الصناعي في الإقليم المصري، القاهرة ١٩٦٢.
- عبد الرحمن حميدة: علم المناخ، دمشق، ١٩٦٩.
- عبد العزيز طريح شرف: الجغرافيا المناخية والنباتية، الإسكندرية، ١٩٧٤.
- علي عبد الوهاب شاهين: محاضرات في جغرافية المناخ والنبات، جامعة بيروت العربية، ١٩٦٥.
- علي علي البدا: أسس الجغرافية المناخية والنباتية، بيروت، ١٩٦٨.
- علي علي الخشن، محمود حبيب: القواعد الأساسية لإنتاج المحاصيل، الجزء الأول، الإسكندرية، ١٩٦٣.
- علي مصطفى مرسى: محاصيل الحقل، الجزء، الأول القاهرة، ١٩٦١.
- علي حسن موسى: المناخ الإقليمي، دمشق، ١٩٧٨.
- علي حسن موسى: الموجز في المناخ التطبيقي، دار الفكر، دمشق، ١٩٨٢.
- علي حسن موسى: مناخات العالم، دار الفكر، دمشق، ١٩٨٩.
- علي حسن موسى: أساسيات علم المناخ، دار الفكر، دمشق، ١٩٩٤ م.
- علي حسن موسى: الدليل، دار الفكر دمشق، ٢٠٠٠.
- فتحي عبد العزيز أبو راضى: أسس الجغرافية الطبيعية، الإسكندرية، ٢٠٠٢.
- فتحي عبد العزيز أبو راضى: الأصول العامة في الجغرافية المناخية والنباتية، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية ٢٠٠٤.

- فتحي عبد العزيز أوراوى: الجغرافية المناخية للدلتا، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب - جامعة الاسكندرية.
- فتحي محمد أبو عيانة، فتحي عبد العزيز أوراوى: قواعد الجغرافيا العامة: الطبيعية والبشرية، ٢٠٠٢.
- فرج محمد على: بعض مشكلات الأرصاد الجوية الزراعية، الموسم الثقافي السابع، ٦٢، ٦٣، مصلحة الأرصاد الجوية، القاهرة، ١٩٦٢.
- فهمى هلالى هلالى أبو العطا: الطقس والمناخ - دراسة فى طبية الجو وجغرافية المناخ، الإسكندرية، ب. ت.
- كمال رمزى ستينو: زراعة الخضر، الطبعة الرابعة، القاهرة، ١٩٥١.
- لؤى أهدلى، علم المناخ والأرصاد الجوية، دمشق، ١٩٧٣.
- نبلى عبد الواحد: الأرصاد الجوية والإنتاج الزراعى، الصحيفة الزراعية، مارس ١٩٦٩.
- محمد متولى، إبراهيم رزقانه، محمد صفى الدين أبو العز، محمد صبحى عبد الحكيم: أسس الجغرافية الطبيعية، الجزء الثانى، الجغرافية المناخية، القاهرة، ١٩٥٤.
- محمد متولى، إبراهيم رزقانه، محمد صفى الدين أبو العز، محمد صبحى عبد الحكيم: أسس الجغرافياً الطبيعية. الجزء الثالث، الجغرافيا الحيوية، القاهرة، ١٩٥٦.
- محمد جمال الدين الفندى: الطبعة الجوية - القاهرة ١٩٦٤.
- محمد جمال الدين الفندى: طبيعيات الجو وظواهره، القاهرة، ١٩٥٦.
- مجهد جمال الدين الفندى: الأرصاد الجوية فى خدمة الطيران، مجلة القوات الجوية، العدد ١٩٦٨، ديسمبر القاهرة، ١٩٦٩.
- محمد محمود الصواد: مناخ غرب الدلتا، مجلة كلية الآداب، القاهرة، الجزء الثانى، «سبتمبر، القاهرة ١٩٥٣.
- محمد نجيب عبد العظيم: علم المناخ المعاصر، الاسكندرية، ١٩٩٦.
- محمود حامد محمد: (الميتورولوجيا، أو ظواهر الجو فى الدنيا ومصر خاصة)، القاهرة، ١٩٤٧.
- نعمان شحادة: علم المناخ، عمان، ١٩٨٣.
- نعمان شحادة: المناخ العملى، عمان، ١٩٨٣.
- يوسف عبد المجيد فايد: مدخل إلى دراسة المناخ التفصيلى. حوليات كلية الآداب، جامعة القاهرة، مجلد ٢٥، جزء ٢، كانون الأول، ١٩٦٣.
- يوسف عبد المجيد فايد: للمناخ والإنسان، مجلة المحاضرات العامة، للجمعية الجغرافية المصرية، الموسم الثقافي، ١٩٦٤، القاهرة ١٩٦٤.
- يوسف عبد المجيد فايد: جغرافية المناخ والنبات القاهرة، ١٩٧٣.

ثانياً: المراجع الأجنبية،

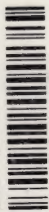
- Ahedl- Kader A Ali El Nino events and Rainfall Variations in The Sahel Region of Africa. Bulletin De La Societe de Geographie D'Egypte, Tome . 1993.
- Ann Henderson- Sellers and Robinson. P.J.: Contemporary Climatology, Longman, 1988.
- Ayoade, J.O. "Introduction to Climatology for the Tropics". John Wiley & Sons, 1983.
- Balls, L. : "Cotton Growing Weather in Egypt, Report of The International Cotton Congress, Cairo, 1930.
- Barrett, E.C.: "Climatology Form Satellites". London, 1975.
- Barry, R. G & Chorley, R. J: "Atmosphere, Wather and Climate". (4th edn), Methuen, 1982.
- Bhar, T & Fite, R.C., : "Weather Elements". New York, 1965.
- Blrar, T.,, "Climatology, General and Regional", New York, 1970
- Boswell, V.R & Jones, H A "Climate and Vegetable Crops, Year Book of Agric Washington, 1941
- Brooks, G.E.P. : "Climate in Everyday Life" 1950.
- Brooks, G.E.P.: Climate through the ages, 2nd Ed , N.Y., 1970.
- Bruce, J.P.,"The Atmosphere of The Living Planet Earth". Geneva, wmo, No 735, 1990.
- Buchnell, J., : Climatology. An Introduction. London, 1964.
- Budyko, M.I., : The Earh's Climate: Past and Furture, Academic Press, 1982.
- Bunting, B.T.: The Geography of Soil.2 nd. Ed London, 1967.
- Cain, Stanley.,: "Physical Basis of Plant Geography". 1950.
- Campbell, D. H.: "An outline of Plant Geography", 1962.
- : Chandler, J.J.: "The Climate of London" London 1965.
- Chandler. T.J.: "Modern Meteorology and Climatology". Harvard University Press. 1950.
- Chang, Jen-Hui: "Climate and Agriculure". Chicago, 1968.
- Cone, M.A.: "Oceanographic Events during El-Nino, Science, 222, 1983.
- Crichfield, H J.: "General Climatology" Englewood Cliffs New Jersey, 1966.

- Decan. E.J.: **"Physical Processes Near The Surface of The Earth"**. World Survey of Climatology. Vol.2, General Climatology, 2 Elsever Publishing Company, Amstrdam. 1969
- Derrik Sewell. E.R. & Others : **"Human Response to Weather and Climate, Geographical Contributions**, Geog. Rev. No. 18, April, 1968.
- Dix. M.: **"Environmental Pollution"**. New York, 1981.
- Donahue. R.L., Soils. : **An Introduction to Soils and Plant Growth**, 1958.
- Flohn. H. (editor) : **General Climatology 2**, 1970.(World Survey of Climatology. Vol II).
- Gates. D.M.: **"Man and his Environment: Climate"**. Harper and Row, 1972.
- Geiger, R.: **"The Climate Near The Ground"** Harvard University Press, 1965.
- Griffiths. J.F.: **"Applied Climatology; An Introuction"**, Oxford University Press, 1970
- Hardy. M.E. . **"The Geography of Plants"**. 1944.
- Haurwitz. B & Austin, M.J.: **"Climatology"**. New York, 1944.
- Hess. S.L: **"Introduction to Theoretical Meteorology"**. New York, 1980.
- Hobbs J E. 'Applied Climatology', London. 1980
- Horrocks. N K. **"Physical Geography and Climatology"**. London . 1966.
- Houghton. J.T. (ed.).: **The Global Climate**. Cambridge University Press. 1984
- Kendrew W G. **"Climatology"**. . 1944
- Kendrew. W.G.: **"The Climate of The Continents"**. Oxford, 1953.
- Kimble. O.H.: **"The Weather."** 2 nd ed. 1931.
- Landsberg. H.E.: **"Physical Climatology"**. Gray Printing Co, 1967.
- Lave. L. B & Seskin, E. P.: **"Air Pollution and Human Health"**. Science, 169, 1970
- Lockwood, J.G.: **World Climatology : An Environmental Approach**, Edward Arnold. 1974.
- Lockwood. J.G.: **"Cauces of Climate"**. London, 1979.
- Magness. A.C. & Mitchell. J.W.: **Effect of Climatic Factors on Growing Plants**, Year Book of Agriculture. Washington. 1941.
- Magness. G.R. & Traub. H.F.: **"Climatic Adaptation of Fruit and Nut Crops**, Agric. Year Book. Washington. 1941.

- Mather, J.R., "Climatology", Fundamentals and Applications", 1974.
- Mc Dermott, Walsh: "Air Pollution and Public Health, Scient. Am.205, 4. 1961.
- Miller, A.A.: "Climatology". London, 1960.
- National Academy of Science, **Understanding Climatic Change: A Program for Action**, U.S. Committee for GARP National Research Council, Washington D.C.1975.
- Namias, J. & Cayan, D.R; **El Nino: Implications fo Forecasting**. Oceanus, 27, 1984.
- Neuberger, H. & Stephens, F.B.: Weather and man, 1948
- Newbiggin, M.I. "Plant and Animal Geography, " 1936 .
- Pack, Donald, H. : "**Meteoroiogy and Air Pollution**. Science,146, 3648, 1964.
- Parry, M. : "**The Climates of Twons**. Weather, Vol 5, No. 10. 1950.
- Philip, A.L. : "**Geograpical aspects of Air Pollution**; Geog. Rev. Vol. 36.1966.
- Philander, S.G.H.: **El Nino, La Nina, and The Southern Oscillation**. Academic Press, San Diego, 1990.
- Polunin, N.: Introduction to Plant Geography, London, 1960
- O'Hare, Greg & Sweeney, J.: **The Atmospheric System**". London, 1990.
- Oliver, J.E.; : "Climate and Man's Environment", New York, 1973.
- Rasmusson, E. M & Carpenter, T.: **Variations in Tropical Sea Surface Temperature and Surface Wind Fields Associated With The Southern Oscillation/ El Nino**, Mon. Weather Rev. 110, 1982.
- Rasmusson, E. M & Wallace, J.M. : **Meteorological aspects of Te ElNino/ Southern Oscillation**. Science, 222. 1983.
- Rasmusson, E. M& Hall, J.M.: **The Major Paeific Warm Episode of 1982/83**
- Rihel, H.: "Introduction to The Atmosphere" New York, 1978.
- Sellers, W.D.: "Physical Climatology". Chicago, 1965.
- Setzer, J.; "**A New Formula For Precipitation Effectiveness**" Geogr Rew, Vol. 36. 1946.
- Sharaf, A.T.: "**Modern Approoch to Regional Climatology as Applied to The British Isles** A Thesis Submitted for The Degree of Ph.D in University of Reading, 1951.
- Shukla, J.: **Seasonal Predictions: Enso and Toga**. Center for Ocean - Land Atmosphere Studies, Geneva, 1997.
- Smith, K.: "**Principles of Applied Climatology**". New York, 1975.

- Strahler, A.N. & Strahler, A.H.: "Modern Physical Geography" New York, 1978.
- Stayer, R.O. & Moellorg, I.C.: "Practical Microclimatology, UNESCO, 1961.
- Stayer, R.O. & Moellorg, I.C.: "Earth and Water Temperature in Egypt Physical Department, Paper No. 52, Cairo
- Terjung, W.H.: "Physiologic Climates of The Conterminous United States: A Bioclimatic Classification Based on Man". *Annales Association of American Geographers*, 65, 1966.
- Thornthwaite, W. C.: "The Climate of North America According to New Classification". *Geogr. Rev.* Vol. 21, 1931.
- Thornthwaite, W. C.: "The Climate of Earth, *Geogr. Rev.* Vol. 23.3, 1931.
- Thornthwaite, W. C.: "Problems in The Classification". *Geogr. Rev.* Vol. 33, 1943
- Thornthwaite, C.W.: "An Approach toward a Rational Classification of Climate" *Geogr. Rev.* Vol. 38, 1948
- Thornthwaite W. C. & Mather, J.R.: "Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and The Water Balance" Publ. in *Climatol; Drexel, inst. of Tech; Lab of Climatofogy*, Vol X, New Jersey, 1959.
- Thom, C.E.: "The Discomfort Index, *Weatherwise*, 12,2, 1959.
- Trewartha, G.T.: "An Introduction to Weather and Climate". New York, 1954.
- UNESCO, "Climate and House Desing". New York, 1971.
- Wallace, J.N. & Hobbs, P. V.: "Atmospheric Science". New York, 1977.
- Weaver, J.E. & Clements, F.E.: *Plant Ecology*, McGraw Hill- Book, Co. Inc. N.Y.
- Weyle, P.K.: "The role the Oceans in climatic change; A Theory of the Ice ages, *Meteorological monographs*, 8, 1968, pp. 37-62.
- W.H.O.: "International Cloud Atlas", Geneva, 1956.
- W.H.O.: "Guide to Meteorological Instruments and Observing Practices" No.8 Tp.3
- Wyrtki, K.: "El Nino - The Dynamic Response of The Equatorial Pacific Ocean to Atmospheric Forcing. *J.Phys. Oceanogr.* 5, 1975.
- Wyrtki, K.: "Water Displacements in the Pacific and The Genesis of El Nino Cycles. *J. Geophys. Res.* 90, 1985.

Bibliotheca Alexandrina



1019169